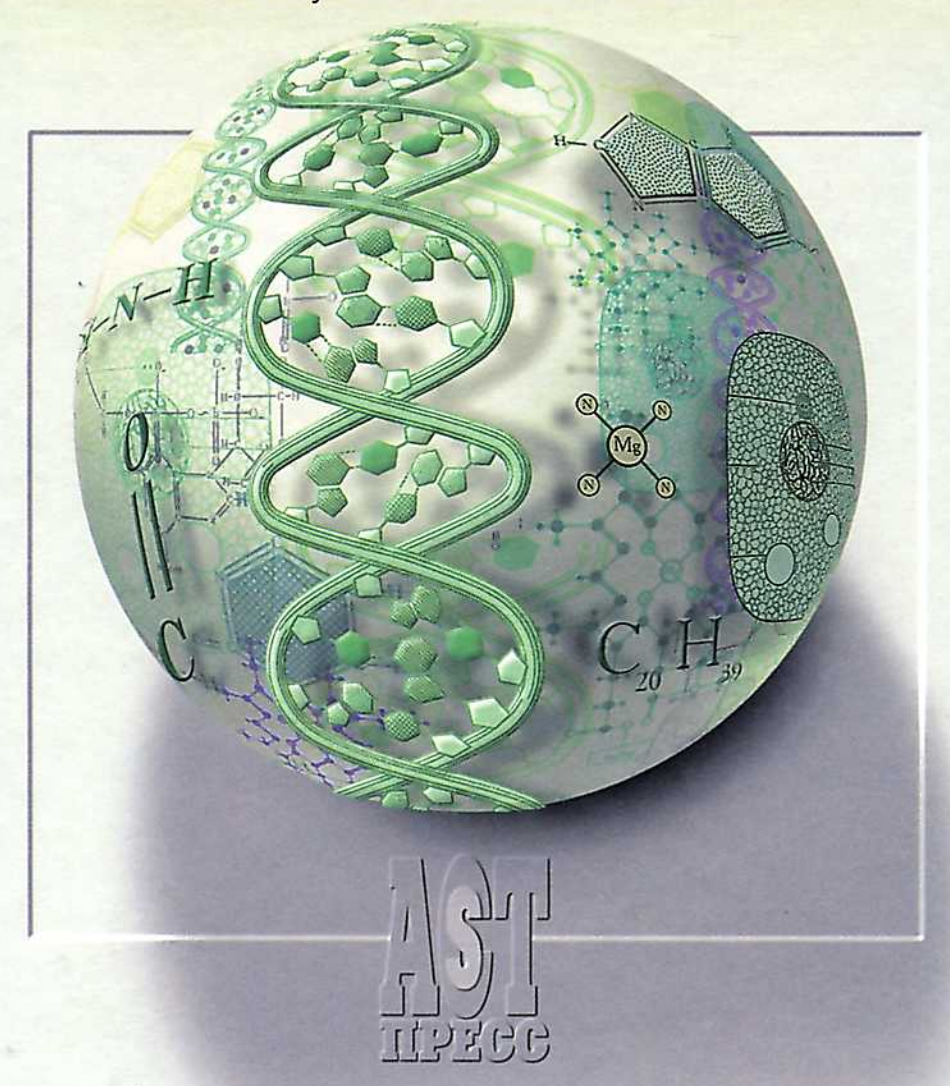
Т.Л. Богданова, Е.А. Солодова

БИОЛОГИЯ

СПРАВОЧНИК

для старшеклассников и поступающих в вузы

Полный курс подготовки к выпускным
и вступительным экзаменам



Т. Л. Богданова, Е. А. Солодова

БИОЛОГИЯ

СПРАВОЧНИК

для старшеклассников и поступающих в вузы

Полный курс подготовки к выпускным
и вступительным экзаменам

Москва
«АСТ-ПРЕСС»

УДК 57
ББК 28.0я729
Б73

Богданова Т. Л., Солодова Е. А.

Б73 Биология: Справочник для старшеклассников и поступающих в вузы / Т. Л. Богданова, Е. А. Солодова. — М. : АСТ-ПРЕСС КНИГА, 2012. — 816 с. : ил.

ISBN 978-5-462-01087-3

Настоящее пособие можно по праву назвать книгой XXI века. Уже многие годы по учебникам Т. Л. Богдановой успешно учатся и сдают вступительные экзамены по биологии в вузы.

Пособие содержит все разделы курса биологии в объеме требований программы и представляет собой комплекс, включающий задания по темам, упражнения, контрольные работы, таблицы-конспекты по всем важнейшим разделам, таблицы-характеристики, схемы, проверочные и обучающие рисунки, словари терминов и понятий. Кроме того, дана сводка теорий, законов и закономерностей биологии. В книге использован системный подход, показаны приемы проблемного и программированного обучения, что позволяет эффективнее повторять учебный материал, интенсифицировать его усвоение.

Настоящее издание подготовлено в соавторстве с Е. А. Солодовой, имеющей большой опыт работы на подготовительных курсах в вузах.

Справочное пособие рекомендовано абитуриентам, школьникам, студентам средних специальных учебных заведений как для самостоятельной работы, так и для занятий с педагогом.

УДК 57
ББК 28.0я729

ISBN 978-5-462-01087-3

Если не знать имен, умрет и познание вещей.

К. Линней

На экзамене по биологии поступающий в высшее учебное заведение должен показать:
— знание основных понятий, закономерностей и законов в области строения, жизни и развития растительного, животного организмов и человека, развития в целом органического мира;
— знание строения и жизни растений, животных, человека, классификации растений и животных;
— умение обосновывать выводы, используя биологические термины, объяснять явления природы, применять знания в практической деятельности.

Программа по биологии для поступающих в вузы

Реальностью последних лет стало резкое повышение уровня требований, предъявляемых всеми вузами к знаниям своих абитуриентов. Сдающие экзамен по биологии оказываются при этом в особо сложном положении: от них требуется видение всей биологии, включающей в себя разнообразные области — ботанику, зоологию, анатомию и физиологию человека, комплекс общебиологических дисциплин, — как единой, целостной системы. Более того, именно такой системный взгляд на всю биологию, умение выявлять внутрипредметные и межпредметные связи и являются главным критерием оценки знаний особо требовательными экзаменаторами.

Однако многими абитуриентами каждый предмет биологии воспринимается как совершенно обособленный, с присущими только ему законами, закономерностями, понятиями. На это есть объективные причины — ведь в школе биология изучается в течение шести лет, начиная с шестого класса. С зоологией и тем более с ботаникой вчерашний школьник знакомился, будучи еще ребенком, и лишь в самых старших классах, в курсе общей биологии, изучал те биологические дисциплины, которые являются фундаментом всех биологических знаний.

Поэтому цель данного учебного пособия — не только помочь абитуриенту быстро повторить учебный материал, но и поднять уровень осмысления конкретных знаний до такого, на котором все разнообразие живой природы воспринимается как единая система с общими законами происхождения, развития, закономерностями строения и жизнедеятельности.

Чтобы достичь поставленной цели, необходимо решить ряд задач:

– создать глубокий и прочный фундамент общебиологических знаний, на который будут опираться знания конкретных биологических дисциплин;

– существенно поднять уровень знаний в области этих конкретных дисциплин: ботаники, зоологии, анатомии и физиологии человека;

– выработать навыки четкого изложения знаний, а также умение анализировать и обобщать явления и факты.

Решить эти задачи вам поможет данная книга, которая существенно отличается от большинства других. В ней содержится большой объем систематизированной информации по всем темам Программы по биологии для поступающих в вузы. Но в отличие от традиционных учебников эта информация в основном представлена в двух формах — терминологических словарей, работа с которыми придаст знаниям бóльшую четкость, прочность и осмысленность, и таблиц-конспектов, наглядно показывающих связи между различными процессами и явлениями. Аналитическая работа с такими конспектами как раз и будет способствовать формированию межпредметных и внутрипредметных связей. Кроме того, книга имеет принципиально новую структуру: во многих темах необходимый учебный материал рассматривается в двух уровнях сложности. Это дает возможность любому абитуриенту — и имеющему еще нетвердые знания, и уже постигшему многое — подготовиться даже к очень сложному экзамену.

Предлагаемая книга является результатом дальнейшего развития идей, заложенных в уже хорошо известных пособиях «Биология. Задания и упражнения» (Богданова Т. Л., 1991), «Биологическая азбука» (Богданова Т. Л., 1993). Эти пособия прошли серьезные испытания при проведении лекций и семинаров по биологии в течение нескольких лет в центрах довузовской подготовки Московской сельскохозяйственной академии им. К. А. Тимирязева и Московской медицинской академии им. И. М. Сеченова, где сами авторы проводили апробацию учебного материала в живом общении со слушателями. На основании своего опыта авторы пришли к заключению о необходимости повысить уровень и глубину изложения материала так, как этого требует наше время. В ходе составления таблиц и написания статей использовался материал из многих пособий, учебников (в т. ч. вузовских), монографий и другой научной литературы. Поэтому данное пособие дает возможность не поднимать десятки источников, чтобы найти информацию, превышающую объем школьных учебников, или найти ответ на непростой вопрос. Все, по возможности, собрано в словарях и таблицах, особенно во вновь написанных. В основном это

касается разделов «Общая биология», в меньшей степени — «Растения» и «Животные».

Предлагаемая книга в равной степени подходит и для занятий под руководством опытных преподавателей, и для самостоятельной работы. Она будет полезна многим: ученикам и выпускникам школ, слушателям подготовительных отделений, преподавателям и даже студентам младших курсов, но в первую очередь она адресована всем абитуриентам, которым мы от всей души желаем удачи.

Авторы

Как пользоваться данным пособием

Пособие построено по единому плану. Оно разделено на темы, представляющие собой текст программы вступительных экзаменов (на основе этого текста составляются экзаменационные билеты). Если тема трудная или требует знаний, не всегда содержащихся в школьных учебниках, то даются не только общие указания, которые следует внимательно изучить, но и соответствующая дополнительная информация. Каждая тема включает одно или два задания. Каждое задание выполняется поэтапно.

Повторить учебный материал по заданной теме. Обязательными источниками для повторения являются учебники средней школы по всем разделам биологии; большую помощь могут оказать и специальные пособия для поступающих в вузы. Повторять материал надо одновременно по нескольким книгам, так как при повторении ботаники или зоологии ответы на ряд вопросов придется искать и в общей биологии. Дополнительная литература поможет сделать ответ более глубоким и ярким.

Ответить на вопросы для самоконтроля. Вопросы для самоконтроля определяют глубину и объем повторяемого материала. Некоторые вопросы повторяются в разных темах для того, чтобы не терялась логическая основа предмета. На отдельные вопросы ответ можно найти в общих указаниях к теме или в ответах контрольных работ.

Выполнить контрольную работу. Контрольная работа выполняется не только для проверки полученных знаний, но и для уточнения наиболее важных формулировок или для получения более концентрированной информации. Сначала надо самим ответить на предложенные вопросы, выбрав наиболее подходящие ответы (их может быть один или несколько), и лишь после этого проверить правильность ответов. (Ответы к контрольным работам приведены в конце книги.)

Дать подписи к рисункам. Рисунки приведены «немые», на них имеются указательные стрелки с цифрами. Сначала попробуйте дать подписи на отдельном листочке, а затем по контрольным цифрам в конце книги проверьте правильность ответов, после чего подпишите рисунок.

Проанализировать таблицу. Ответив на вопросы, сравните свои знания с материалом в готовой таблице. Это позволит оценить уровень своей подготовки. Вместе с тем форма изложения учебного материала в виде таблицы, во-первых, поможет систематизировать материал и дать на экзамене более упорядоченный ответ, а во-вторых, отдельные фрагменты предлагаемых таблиц можно использовать в качестве готовых блоков при построении ответа на экзамене. Таблицы выполнены по единому принципу, благодаря которому легко вырабатывается навык излагать свои знания по определенной системе. Умение составлять таблицы-конспекты поможет излагать любой материал, предварительно разделяя его на главный и второстепенный, общий и частный, первоочередной и последующий.

Провести анализ схемы или схемы-конспекта. Схемы и комментарии к ним, а также схемы-конспекты в сжатой форме дают информацию по наиболее сложным вопросам и позволяют быстро повторить материал.

Проверить знания основных терминов и понятий. По разделам общей биологии, ботаники, зоологии и анатомии человека составлены словари основных терминов и понятий.

Во время своих занятий помните о двухуровневости этой книги. Поэтому если ваш вуз требует от своих абитуриентов более глубоких знаний, обязательно пользуйтесь схемами и таблицами, помещенными во второй части каждой темы (после вопросов для самоконтроля).

Проверить знания основных теорий, законов и закономерностей. В заданиях приведены вопросы, связывающие материал каждой темы с требованиями программы в области знания законов и закономерностей биологии. Кроме того, в заключительной части пособия дана обобщенная сводка основных теорий, законов и закономерностей, которые должен знать абитуриент. По завершении повторения всего цикла биологических дисциплин проверьте, как вы усвоили главные теоретические положения и как с их помощью вы можете объяснить законы развития, строения и жизнедеятельности растительного, животного и человеческого организмов, а также попробуйте связать эти положения с проблемой взаимоотношения человека и окружающей среды.

Часть первая
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

ТЕМА. Предмет «Общая биология»

Общая биология — учебный предмет об основных закономерностях жизненных явлений. Значение биологии для медицины, сельского хозяйства и других отраслей народного хозяйства.

Биология включает цикл наук о живой природе — ботанику, зоологию, анатомию и физиологию человека, цитологию, молекулярную биологию, генетику, экологию, биоценологию и др. Все эти науки подчинены общим законам и закономерностям развития живой природы, которые изучает общая биология.

Все живые организмы произошли из неживой природы, постепенно усложнялись в ходе эволюции и естественного отбора и затем разделились по способу питания на автотрофов и гетеротрофов. Однако в сходных условиях окружающей среды дальнейшее развитие растений и животных шло параллельно и поэтому в строении тела живых организмов можно проследить гомологические ряды. В том объеме, который требуется для абитуриентов, предлагается система уровней организации структуры тела растений и животных на современном этапе эволюции. К анализу этой системы рекомендуется обращаться по мере повторения отдельных систематических групп по ботанике и зоологии (схема 1).

Все организмы — живые системы, имеющие сходные черты строения и жизнедеятельности; у них единый генетический код, химический состав, строение молекул, клеток, однотипное строение тела на одинаковых уровнях организации. Это единство живых организмов дает возможность построить общую систему уровней организации живой материи от молекулярного до биосферного (схема 2).

Основные различия между растительными и животными организмами обусловили разделение их по способу питания на автотрофные и гетеротрофные. Способ питания наложил отпечаток на формирование гетеротрофов. У животных (гетеротрофов) появилась нервная система и соответствующее поведение. Чем выше организовано животное, тем сложнее его поведение, потому что одновременно с безусловными рефлексами (инстинктами) появляются условные, вырабатывающиеся в течение жизни (привычки). Наука, занимающаяся изучением поведения животных, называется этологией.

Схема 1. Уровни организации структуры тела на современном этапе эволюции

Растения и др.	Уровень	Животные
Покрытосеменные Голосеменные Папоротникообразные Хвощеобразные Плаунообразные		Млекопитающие Птицы Пресмыкающиеся Земноводные Рыбы
Побеговые	Системный	Позвоночные
Псилофитовые	Органный	Бесчерепные Членистоногие Кольчатые черви
Мохообразные	Тканевый многослойный	Иглокожие Моллюски
	Тканевый трехслойный	Круглые черви Плоские черви
Лишайники Водоросли	Предтканевый слоевищный	Грибы
	Предтканевый двухслойный	Кишечнополостные Губки
Одноклеточные Водоросли	Одноклеточный ядерный	Простейшие
Бактерии Синезеленые	Клеточный предъядерный	
Вирусы Бактериофаги	Доклеточный	

Схема 2. Уровни организации живых систем на Земле



Предметы биологического цикла — теоретическая основа для целого ряда специальных дисциплин, таких, как медицина, агрономия, ветеринария, зоотехния, микробиология, генетика и селекция, звероводство, рыбоводство, птицеводство, лесоводство и т. д. Это значит, что здравоохранение, сельское хозяйство, промышленность (легкая, пищевая, медицинская, химическая, лесная), а также просвещение в значительной степени базируются на тех знаниях и достижениях, которыми характеризуется современный уровень биологии.

Новыми являются такие разделы, как космическая биология, молекулярная биология, а также возникшие на стыке наук генная инженерия, биологическая кибернетика, которым надлежит решать важные задачи в грядущем «веке биологии».

Раздел I. ЭВОЛЮЦИОННОЕ УЧЕНИЕ

ТЕМА. Общая характеристика биологии в додарвиновский период

Развитие ботаники и зоологии. Господство в науке представлений о неизменности природы и «изначальной целесообразности». Труды К. Линнея по систематике. Зарождение эволюционных идей. Учение Ж.-Б. Ламарка об эволюции органического мира. Первые русские эволюционисты.

Общие указания. В этом разделе курса следует обратить внимание на то, что эволюционное учение появилось лишь с возникновением в философии материалистического мировоззрения. Господствовавшее до того идеалистическое мировоззрение провозглашало творцом всей природы Бога. А согласно материалистическому учению первоначально возникла неживая, а затем живая природа и в ходе ее длительного развития появились высокоразвитые существа. Их никто не создавал, они — следствие эволюционных преобразований живой материи, вершиной которых стал человек.

Рассматривая природу с идеалистических позиций, ученые считали ее раз и навсегда созданной Богом, неизменной, отвечающей цели своего существования, т. е. целесообразной. Такое направление в науке называется метафизическим. Из представителей данного направления следует отметить К. Линнея (XVIII в.), наиболее прогрессивного ученого, работы которого — «Система природы» и «Философия ботаники» — не только сыграли огромную роль для своего времени, но и послужили фундаментом для новых исследований живой природы.

С накоплением научной информации меняются взгляды в философии — формируется материалистическое учение; в биологии появляются первые представления об эволюции, содержавшиеся уже в поздних работах К. Линнея, а затем эволюционное учение Ж.-Б. Ламарка (XVIII–XIX вв.).

В России еще в XVIII в. складывались эволюционные представления, которые нашли отражение в трудах М. В. Ломоносова и А. Н. Радищева. В XIX в. исследованиями зародышевого развития животных большой вклад в науку внес К. М. Бэр; разработанные им закономерности были отмечены Ч. Дарвином и названы «законом зародышевого сходства». Зоолог К. Ф. Рулье обосновал положение о взаимосвязях организма и внешней среды. Проанализировав значение наследственности и изменчивости как условий для приспособления видов к окружающей среде, он пришел к выводу, что процесс этот постепенный, эволюционный. В классическом труде А. И. Герцена «Письма об изучении природы» утверждается, что материя никем не сотворена и не уничтожаема, а все ее формы и свойства есть продукт развития.

Вклад в науку К. Линнея (1707–1778)

– Открыл около 1,5 тыс. видов растений.

– Описал около 10 тыс. видов растений и около 4,5 тыс. видов животных.

– Разработал короткие и четкие определения (диагнозы) каждой группы организмов, что значительно облегчало их описание. Многие из этих диагнозов не устарели и в наши дни.

– Ввел удобную бинарную (двойную) номенклатуру вместо употреблявшихся ранее громоздких полиноминальных (т. е. состоящих из многих слов) названий; эта номенклатура употребляется и в наше время («Система природы», 1735).

– Разработал принципы построения классификации живой природы («Философия ботаники»). На этих принципах он построил первую научную систему живой природы, которая включала в себя всех известных в то время животных и все растения и была самой совершенной для своего времени.

–Впервые поместил человека в один отряд с обезьянами на основании морфологического сходства.

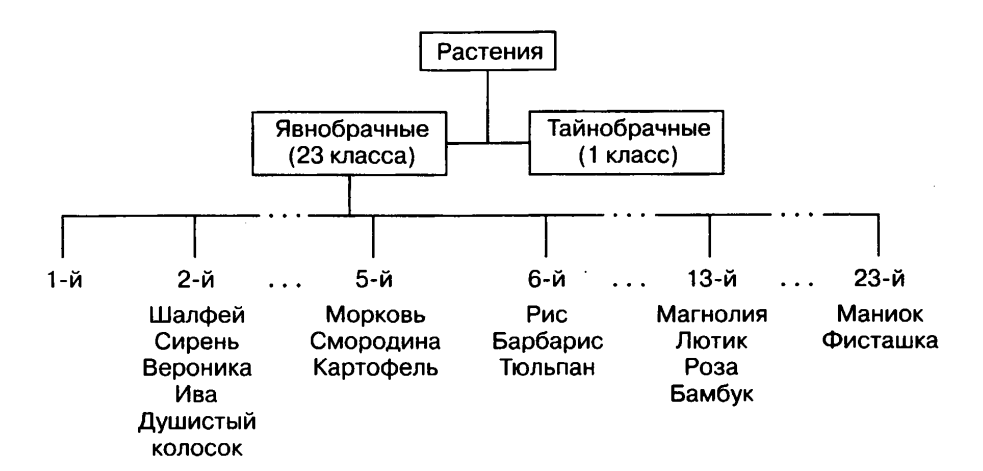
Взгляд К. Линнея на понятие о виде. К. Линней считал вид реальной и элементарной единицей живой природы. Он уточнил само понятие вида, привлекая для его определения не только морфологический, но и физиологический критерий (скрещиваемость между представителями одного вида и нескрещиваемость их с представителями других видов). Поскольку Линней был креационистом и метафизиком, то он считал, что виды не изменяются и их существует столько, сколько разных форм было с самого начала создано Творцом. Однако к концу своей жизни Линней уже не был таким решительным сторонником неизменности видов.

Принципы систематики. В качестве основы классификации К. Линней принял категорию вида. Сходные виды объединяются в роды, роды — в отряды, отряды — в классы, которые являлись высшей категорией. Таким образом, в основу классификации был положен принцип иерархичности (т. е. соподчиненности) таксонов. С развитием науки в эту систему был введен ряд категорий: семейство, подкласс и др., а высшим таксоном стал тип. Но принципы систематики, заложенные Линнеем, остались неизменными до наших дней. При классификации организмов ученый учитывал не весь комплекс признаков, а лишь небольшое их число. Поэтому классификация Линнея, несмотря на то что была научной, оказалась искусственной. Сам Линней осознавал искусственность своей системы природы и указывал на необходимость разработки естественной. Он писал: «Искусственная система служит только до тех пор, пока не создана естественная».

Систематика животных. Все животные подразделялись Линнеем на следующие шесть классов по признаку строения дыхательной и кровеносной систем: черви, насекомые, рыбы, гады, птицы, звери.

Систематика растений. Все растения подразделялись на 24 класса: 23 класса явнобрачных (цветковых) и 1 класс тайнобрачных (голосеменных и споровых). Среди явнобрачных первые 12 классов выделялись только по числу тычинок, к 13-му относились растения, имевшие более двенадцати тычинок, а при отнесении растений к 14–23 классам учитывалось еще и строение андроцея (однобратственный, двубратственный, двусильный, четырехсильный и т. д.)

Схема 3. Система К. Линнея



Из приведенных примеров видно, что согласно этой системе в один класс попадают растения, имеющие мало общего между собой, а родственные друг другу представители одного семейства злаковых (душистый колосок, рис и бамбук) оказались разбросанными по разным классам. Однако было бы несправедливо не отметить, что при отнесении растений к 14–23 классам такого разнобоя уже не наблюдается. Это объясняется тем, что в этом случае учитывался уже и тип гинецея, который объективно отражает эволюционное родство растений. Так, относящиеся к 23-му классу растения семейств молочайные и сумаховые являются родственными. Они имеют мелкие невзрачные цветки, собранные в компактные соцветия, в которых встречаются как обоеполые, так и тычиночные и пестичные цветки (полигамные).

Вклад в науку Ж.-Б. Ламарка (1744–1829)

— Ввел термины «биология» (1802), «зоология беспозвоночных» (1794) и определил их содержание.

— Заложил основы систематики беспозвоночных.

— Проводил обширные исследования в области ботаники, зоологии, систематики, палеонтологии, гидрогеологии, минералогии, метеорологии, психологии.

— Разработал основные принципы классификации растений и животных в виде родословного древа от простейших до человека.

— Создал первую эволюционную теорию. Его главный научный труд — двухтомная «Философия зоологии» (1809) — наиболее крупное теоретическое обобщение в биологии начала XIX в., в котором с материалистических позиций обосновывается идея постепенного развития во времени живой природы под действием естественных причин и разрабатываются основы естественной системы животных.

Эволюционная теория Ламарка может быть разделена на две части: учение о градации организмов и учение об изменчивости.

Учение о градации организмов. Ламарк считал, что все животные формы — растения и животные — являются подлинными произведениями природы, т. е. не существовали изначально, а возникли в определенное время. Первые организмы произошли (и происходят ныне) путем самозарождения из тел неорганической природы. Развитие природы началось и всегда начинается с образования простейших живых тел; его ход — от простого к сложному. Поэтому классификация организмов не может быть произвольной, она должна отражать действительный порядок природы, т. е. отобра-

жать процесс развития от низших форм к высшим. Этот процесс повышения организации носит ступенчатый характер, т. е. образует «лестницу существ». Последовательные ступени усложнения организации организмов Ламарк назвал градациями.

Все многообразие животных Ламарк подразделил на 14 классов, которые распределил по 6 градациям. При выделении градаций он учитывал анатомо-физиологические особенности основных систем организма (главным образом нервной и кровеносной). Ламарк считал также, что подобная ступенчатость имеет место и в растительном мире.

Схема 4. Лестница существ по Ж.-Б. Ламарку



Ламарк предложил более совершенную, чем Линней, классификацию животных. Вместо двух линнеевских классов — черви и насекомые — Ламарк предложил 10 самостоятельных классов, заложив, таким образом, основы систематики беспозвоночных. В отличие от системы Линнея Ламарк разместил все классы животных в восходящем порядке.

Суть *учения об изменчивости* отражают два закона, сформулированные Ламарком.

I закон — «Постоянное употребление органа ведет к его усиленному развитию, а неупотребление — к ослаблению и исчезновению».

II закон — «Под действием постоянных упражнений или неупражнений органы изменяются, и возникшие изменения наследуются».

Таким образом, главными факторами изменчивости Ламарк считал влияние внешней среды и упражнение или неупражнение органов. При этом изменения среды приводят, по Ламарку, к адекватным изменениям организма, которые затем наследуются. Причиной прогрессивных изменений Ламарк идеалистически считал врожденное внутреннее стремление организмов к совершенствованию.

Изменчивость представлялась Ламарку ничем не ограниченной, постоянно и непрерывно размывающей границы вида. Поэтому он отрицал реальность существования видов в природе.

Ламарк о происхождении человека. Положения об эволюции органического мира Ламарк распространил и на объяснение происхождения человека от высших «четвероруких обезьян». Он рассматривал человека как часть природы, показал его анатомо-физиологическое сходство с животными и отметил, что развитие человека подчиняется тем же законам, что и развитие всех других живых существ.

Значение эволюционной теории Ламарка

1) Первая целостная эволюционная теория об историческом развитии органического мира от простейших форм до человека.

2) Ламарк подробно проанализировал предпосылки эволюции (изменчивость, наследственность), главные направления эволюции (усложнение организации, т. е. градации классов и многообразие форм внутри класса вследствие изменчивости).

3) Теория показала: изменчивость организмов имеет естественные причины.

4) Эта теория позволила разработать первую генеалогическую классификацию животных, т. е. классификацию, построенную на принципах родственности организмов, а не только их сходства.

Однако эта теория не смогла дать материалистического объяснения причин эволюции. (Эту проблему решил Ч. Дарвин, разработав теорию естественного отбора.)

Первые русские эволюционисты

Ломоносов М. В. (1711–1765) — выдающийся русский ученый-энциклопедист, поэт, мыслитель, основоположник отечественного материалистического естествознания. Положил начало русской научно-технической терминологии, обосновал положения о материальности мира и его развитии. Развивал исторический взгляд на природу, утверждал, что земная кора и ее слои — результат сложных естественных процессов, происходящих на протяжении длительного времени.

Радищев А. Н. (1749–1808) — русский философ-демократ. Развивал материалистические идеи о единстве и развитии мира, взаимосвязи явлений природы, их причинной обусловленности. Все предметы неорганической и живой природы он связывал в одно целое, рассматривал их в развитии и разместил в виде восходящего ряда — от минералов до растений, животных и человека. Считал мозг материальным органом мышления и старался решить проблему мышления. Близко подошел к пониманию роли внешней среды в изменчивости организмов.

Паллас П. С. (1741–1811) — высказал гипотезу о происхождении видов от общих родоначальных форм, выдвинул идею классификации организмов по типу ветвящегося древа, связывал ископаемые формы с ныне живущими.

Каверзнев А. А. (1748—?) — разрабатывал проблему развития животных («О перерождении животных», 1775). На основании изучения домашних и диких животных сделал вывод, что организмы всегда связаны с особенностями земной поверхности. Обосновал положение об изменчивости животных под влиянием пищи, климатических факторов, одомашнивания, скрещивания. Многообразие животного мира и его развитие пытался объяснить тем, что индивидуальные изменения, возникшие вследствие естественных причин, усиливаются от поколения к поколению и приводят к образованию новых форм животных.

Дядьковский И. Е. (1784–1841) — обосновал положение о материальности мира, единстве природы и ее развитии, об изменчивости видов под влиянием условий их жизни.

Двигубский И. А. (1771–1839) — развивал идеи о постепенной изменяемости земной поверхности и населяющих ее существ под влиянием естественных причин.

Таушер М. — на основании материалов, собранных во время экспедиций на юго-восток России, опубликовал работы о последовательности развития отдельных групп организмов и о непрерывном появлении новых организмов благодаря закономерно действующим силам природы. На основе исторического метода и идеи о поступательном прогрессивном развитии он пытался создать естественную классификацию организмов.

Кайданов Я. К. (1779–1855) — анализировал этапность развития природы от примитивных форм к высокоорганизованным.

Максимович М. А. (1804–1873) — отстаивал мысль о прогрессивном развитии как универсальном законе природы, о широкой изменчивости видов под влиянием внешних условий и дру-

гих причин. Утверждал, что в природе не бывает двух абсолютно одинаковых особей; они отличаются тем больше, чем больше отличаются условия их существования. Считал, что длительные влияния обусловливают более стойкие изменения, которые затем наследуются, вследствие чего возникает новый вид.

Горянинов П. Ф. (1796–1865) — обосновывает идею единства природы и ее развития от первичного эфира до человека.

Вольф К. Ф. (1733–1794), Пандер Х. И. (1794–1865), Бэр К. М. (1792–1876) — заложили основы эмбриологии (см. табл. 2). Результаты их исследований дали богатый материал для обоснования идеи общности животного мира и его развития.

Рулье К. Ф. (1814–1858). Его труды положили начало развитию экологии и эволюционной палеонтологии. В противовес упрощенным взглядам на изменчивость видов Рулье выдвинул положение о том, что характер изменений животных обусловлен двумя причинами: особенностями самого организма и внешними причинами. Показал, что изменчивость — необходимое условие для формирования приспособлений к новым условиям. Проанализировал значение для эволюции другого фактора — наследственности, которая вырабатывается исторически и несет на себе отпечаток влияния среды в предыдущих поколениях. В трудах Рулье есть указания на то, что организмы, которые не способны изменяться, приспосабливаться, гибнут.

Основные положения учения Рулье об эволюции:

1. Постепенность образования всего существующего; последующее является развитием предыдущего с добавлением нового.
2. Усложнение организации в процессе эволюции.
3. Многообразие видов растений и животных нарастает вследствие эволюции.

Задание 1

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.

Вопросы для самоконтроля

- Чем характеризуется додарвиновский период в биологии?
- Каковы отличия эволюционных взглядов от метафизических?
- Чем можно объяснить господство метафизических взглядов у ученых XVIII в.?
- Какой вклад внес К. Линней в ботанику и зоологию?
- Назовите главные работы К. Линнея.
- Что такое бинарная номенклатура и каково ее значение?

- Почему системы К. Линнея называют искусственными?
- Как определял вид К. Линней?
- Какие взгляды характерны для естествоиспытателей второй половины XVIII в.?
- В чем сущность эволюционной теории Ж.-Б. Ламарка? В каком труде она отражена?
- Что такое градация, с точки зрения Ламарка?
- Что является движущей силой эволюции, по Ламарку?
- Как объяснял Ламарк происхождение человека?
- Как относился Ламарк к пониманию категории вида?
- Какие вопросы остались без ответов в теории эволюции Ламарка?

ТЕМА. Учение Ч. Дарвина

Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина. Движущие силы эволюции: наследственность, борьба за существование, изменчивость, естественный отбор. Ведущая роль естественного отбора в эволюции. Искусственный отбор и наследственная изменчивость — основа выведения пород домашних животных и сортов культурных растений. Возникновение приспособлений. Относительный характер приспособленности. Критерии вида. Видообразование. Микроэволюция. Популяция — единица вида и эволюции. Результаты эволюции: приспособленность организмов, многообразие видов. Значение теории эволюции для развития естествознания. Макроэволюция. Надвидовые таксоны. Использование теории эволюции в сельскохозяйственной практике и в деле охраны природы.

Общие указания. Идея эволюции — одна из основополагающих идей биологии. Практически ни один из вопросов не может рассматриваться вне эволюционной идеи. Этим объясняется, с одной стороны, многогранность и важность усвоения этой темы, а с другой — некоторые сложности изложения всех вопросов, касающихся дарвинизма. Приступая к повторению темы «Учение Ч. Дарвина», надо хорошо помнить следующее: идеи изменяемости природы и, в частности, эволюции живого к середине XIX в. уже прочно укоренились в научном сознании и оформились в ряд научных теорий. Поэтому Ч. Дарвину принадлежит отнюдь не честь открытия эволюции или создание учения о виде (как часто приходится слышать от абитуриентов), а честь материалистического объяснения механизмов эволюции вообще и видообразования в частности. С начала XX в. стала бурно разви-

ваться генетика, и к 20-м годам ее результаты перестали сочетаться с классическим дарвинизмом настолько, что в биологии стали говорить о «кризисе дарвинизма» и отрицании его как теории эволюции. Противоречие между дарвинизмом и генетикой преодолела синтетическая теория эволюции (сокращенно называемая СТЭ), которая явилась синтезом классической теории естественного отбора Ч. Дарвина и современной генетики. Синтетическая теория эволюции сформировалась в основном к середине 40-х гг. XX в., после чего она постоянно дополнялась (и продолжает дополняться в наше время) положениями современной эволюционной биологии. От абитуриента требуются знания механизмов видообразования и с точки зрения классического дарвинизма, и с точки зрения СТЭ. Для этого надо четко представлять себе как сходство, так и различие трактовки этого вопроса данными теориями. Поэтому во многих материалах, помещенных в теме «Учение Ч. Дарвина», проводится сопоставление взглядов на одни и те же проблемы ученых додарвиновского периода, самого Ч. Дарвина и современных эволюционистов, а информация, представленная в этой теме, может (и обязательно должна) быть использована при изучении тем, близких к ней по содержанию. Исходя из всех изложенных соображений, термины и понятия, необходимые для повторения тем «Общая характеристика биологии в додарвиновский период», «Учение Ч. Дарвина» и «Развитие органического мира», объединены в один словарь, приведенный на с. 39. Кроме того, повторяя в рамках темы, посвященной дарвинизму, вопросы, касающиеся микроэволюции и роли популяции в этом процессе, надо обязательно привлекать информацию, изложенную в теме «Закономерности изменчивости».

Пояснение к табл. 1

Приведенная система дана лишь в объеме систематических групп, вошедших в программу, поэтому в ней опущены сведения о некоторых гипотетических, а также некоторых точно установленных предках. Последовательность взаиморасположения систематических групп отражает уровень их развития, что очень важно усвоить, так как в основном в таком порядке они возникали в ходе эволюционного развития.

При повторении ботаники и зоологии рекомендуется обращаться к этой схеме для уточнения положения в системе изучаемой группы растений или животных.

Таблица 1. Система живой природы

Царства		Отделы (типы)	Классы
Предклеточные		Вирусы	—
Предъядерные (прокариоты)		Бактерии Синезеленые	— —
Надцарство Ядерные (эукариоты)	Грибы	Грибы	—
	Растения	Водоросли (сборная группа отделов) Лишайники Моховидные Папоротниковидные Хвощевидные Плауновидные Голосеменные Покрытосеменные	— — — — — — — Двудольные Однодольные
	Животные	Простейшие	Корненожки Жгутиковые Инфузории Споровики
		Кишечнополостные	Гидроидные Медузы (сцифоидные) Полипы
		Плоские черви	Ресничные черви Ленточные черви Сосальщики
		Круглые черви	Круглые черви
		Кольчатые черви	Малощетинковые Многощетинковые Пиявки
		Моллюски	Брюхоногие Двустворчатые Головоногие
		Членистоногие	Ракообразные Паукообразные Насекомые
		Хордовые	Ланцетники Рыбы Земноводные Пресмыкающиеся Птицы Млекопитающие

Таблица 2. Предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина

Область науки (или направление биологии)	Научный труд или теория, автор	Вклад в формирование эволюционных взглядов
I. Научные предпосылки		
Космогония	И. Кант (1724–1804) «Всеобщая естественная история и теория неба»	Идея о происхождении космических тел естественным путем (а не в результате Божественного творения) и возможности их эволюции
	П. Лаплас (1749–1827) «Изложение системы мира»	Идея развития во времени Земли и всей Солнечной системы
Геология	Ч. Лайель. «Основы геологии», 1830	Геологическая эволюция поверхности Земли непрерывна и продолжается в настоящее время. Она происходит постоянно под действием повседневных факторов — ветра, дождя, колебаний температуры, морского прибоя, жизнедеятельности растений и животных
Химия	Ф. Веллер — впервые осуществил синтез органических веществ, 1824	Показал, что образование органических веществ происходит без участия особой «жизненной силы»
	Й. Берцелиус (1779–1848) показал общность элементного состава живой и неживой природы	Идея о единстве всей природы
Морфология	Трансформизм XVIII в. — Д. Дидро, Ж. Ламетри, П. Гольбах, Ж. Бюффон	Изменяемость форм растений и животных под влиянием естественных причин

Продолжение табл. 2

Область науки (или направление биологии)	Научный труд или теория, автор	Вклад в формирование эволюционных взглядов
Морфология	Работы И. В. Гёте (1749–1832), А. Декандойля (1806–1893), В. Гофмейстера (1824–1877)	Единство плана строения растений
Систематика	К. Линней. «Система природы», 1735	Классификация растений и животных. Бинарная номенклатура. Определение вида. Идея иерархичности (соподчинения) таксонов
	Ж.-Б. Ламарк. «Философия зоологии», 1809	Первое эволюционное учение. Доказательство факта прогрессивной эволюции, разработка классификации животных, построенной на принципе родственности организмов, а не только их сходства
	Первая половина XIX в. Результаты исследований О. Декандойля, П. Латрейля, П. С. Палласа, Г. Р. Тревирануса и др.	Разнообразие видов в пределах более крупных таксонов трактовалось данными учеными как результат изменчивости этих видов. Поэтому их исследования дали материал для обоснования мысли об общности происхождения живых существ на основании сходства строения
Палеонтология	Теория катастроф, Ж. Кювье (1762–1832)	Показана последовательная смена форм животных на Земле; нарастание сходства строения вымерших животных с современными по мере приближения к более поздним геологическим напластованиям; усложнение организации животных во времени
Сравнительная анатомия	Принцип корреляций, Ж. Кювье	Соответствие строения органов животных друг другу. (Каждая часть тела отражает принципы строения всего организма. Ни одна часть тела не может измениться без соответствующего изменения других частей.)

Продолжение табл. 2

Область науки (или направление биологии)	Научный труд или теория, автор	Вклад в формирование эволюционных взглядов
Сравнительная анатомия	Теория типов, Ж. Кювье	Сходство строения животных в пределах типа объективно указывало на их возможное родство и общее происхождение*
	Э. Ж. Сент-Илер (1772–1844) Положение о «едином плане строения всех животных»	Сходство строения органов, выполняющих одинаковые функции, и сохранение основных черт строения при изменении функции органа. Понятие гомологичных органов
Цитология	М. Шлейден, Т. Шванн. Клеточная теория, 1839	Идея общности строения всех организмов, поскольку основой их строения является единообразный структурный элемент — клетка
Эмбриология	К. Ф. Вольф	Идея развития — впервые (1759) привел данные о постепенном формировании органов в ходе зародышевого развития (в определенном порядке)
	И. Ф. Меккель (1781–1833) «Закон параллелизма»	Впервые сформулировал положение о том, что «взрослые формы низших животных подобны зародышам высших животных»
	Х. И. Пандер. Открытие зародышевых листков и универсальности их закладки (1818)	Показал сходное течение развития зародышей животных различных систематических групп

* При этом сам Ж. Кювье отрицал возможность изменения видов и эволюции (т. е. исторического развития) живой природы.

Продолжение табл. 2

Область науки (или направление биологии)	Научный труд или теория, автор	Вклад в формирование эволюционных взглядов
Эмбриология	К. М. Бэр. Закон зародышевого сходства** («История развития животных», 1828–1837)	Показал, что развитие всех организмов начинается с яйцеклетки. При этом наблюдаются следующие закономерности, общие для всех позвоночных: на ранних этапах развития обнаруживается поразительное сходство в строении зародышей животных, относящихся к разным классам (при этом эмбрион высшей формы похож не на взрослую животную форму, а на ее эмбрион); у зародышей каждой большой группы животных общие признаки образуются раньше, чем специальные; в процессе эмбрионального развития происходит расхождение признаков от более общих к специальным
Биогеография и экология	Исследования А. Гумбольдта (1769–1859), К. Ф. Рулье	Показали зависимость географического распространения организмов от условий их существования; взаимосвязь организмов с окружающей средой
	Н. А. Северцов (1827–1885)	Предположение о том, что образование новых видов — приспособительный (адаптивный) процесс
II. Социально-экономические предпосылки		
Сельское хозяйство	Выведение огромного количества пород животных и сортов растений	Было показано, что путем отбора можно создавать новые формы организмов. Это явилось наглядным опровержением представлений о неизменности видов

** Термин «закон зародышевого сходства» принадлежит Ч. Дарвину. Он считал этот закон одним из основных доказательств эволюции.

Окончание табл. 2

Область науки (или направление биологии)	Научный труд или теория, автор	Вклад в формирование эволюционных взглядов
Политэкономия	А. Смит (1723–1790), учение о «свободной конкуренции»	Устранение неприспособленных в процессе свободной конкуренции
	Т. Мальтус (1766–1834) «Опыт о законе народонаселения»	Ограничение роста численности группы организмов (нарастающей в геометрической прогрессии) нехваткой ресурсов для ее существования (нарастающих в арифметической прогрессии). (Именно Т. Мальтусу принадлежит выражение «борьба за существование».)

Таблица 3. Изменение представлений о виде и его эволюции в XVIII–XIX вв.

Представления	К. Линней (1707–1778)	Ж.-Б. Ламарк (1744–1829)	Ч. Дарвин (1809–1882)
Реальность существования вида	Вид существует и не изменяется. Видов существует столько, сколько разных форм было создано Творцом	Виды постоянно изменяются и поэтому реально не существуют	Вид реально существует, обладает комплексом признаков и в то же время изменяется под действием естественного отбора
Причина приспособленности видов к среде обитания	Изначальная, согласно замыслу Творца	Прямое воздействие среды на каждый организм и наследование приобретенных организмом признаков	Опосредованное воздействие среды на вид в целом — через действие естественного отбора, устраняющего неприспособленных особей

Окончание табл. 3

Представления	К. Линней (1707–1778)	Ж.-Б. Ламарк (1744–1829)	Ч. Дарвин (1809–1882)
Единица эволюции	Отсутствует, так как отсутствует сама эволюция	Особь	Вид
Факторы эволюции	Отсутствуют	Внутреннее стремление к совершенству; адаптация к условиям среды; наследование приобретенных признаков	Ненаправленного действия: наследственность, изменчивость, борьба за существование. Направляющий — естественный отбор
Принцип систематизации видов	Сходство строения (на основании отдельных произвольно взятых признаков)	Выделение градаций — последовательных ступеней усложнения организации — с учетом анатомо-физиологических особенностей основных систем организма	Единство происхождения данных видов

Основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина

1) Все виды живых существ, населяющих Землю, никогда и никем не были созданы.

2) Возникнув естественным путем, виды медленно и постепенно преобразовывались и совершенствовались в соответствии с окружающими условиями.

3) Факторами создания сортов и пород являются наследственная изменчивость и искусственный отбор.

4) Понимание происхождения культурных форм дает ключ к объяснению происхождения видов. Наследственная изменчивость, на основе которой ведется искусственный отбор, проявляется и в природе. Причинами, аналогичными творчеству челове-

ка, ведущего искусственный отбор, в природе являются борьба за существование и естественный отбор.

5) Борьба за существование — сложные и многообразные отношения организмов между собой и с условиями внешней среды. Неизбежность борьбы за существование вытекает из противоречия между способностью организмов к неограниченному размножению и ограниченностью жизненных ресурсов.

6) Следствием борьбы за существование является естественный отбор — выживание наиболее приспособленных особей. Естественный отбор сохраняет особей с полезными в данных условиях среды наследственными изменениями и устраняет особей, не имеющих этих изменений. В результате особи, обладающие полезными наследственными изменениями, оставляют плодовитое потомство, и их численность возрастает.

7) Таким образом, из поколения в поколение в результате взаимосвязанного действия наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора виды изменяются в направлении все большей приспособленности к условиям среды обитания. Приспособленность организмов не абсолютна, она носит относительный характер.

8) Естественный отбор вызывает расхождение (дивергенцию) признаков внутри вида и может привести к видообразованию. Образование новых видов обусловливает многообразие живого.

9) Способность организмов выживать в борьбе за существование не обязательно связана с более высокой организацией, поэтому наряду с высокоорганизованными формами жизни существуют и низкоорганизованные.

Значение эволюционного учения Ч. Дарвина

Дарвин дал научное объяснение органической целесообразности как исторически возникающей относительной приспособленности организмов к условиям жизни; открыл движущую силу эволюции — естественный отбор; привел доказательства животного происхождения человека.

Дарвинизм также доказал, что движущие силы развития природы находятся в ней самой, т. е. живой природе присуще самодвижение и саморазвитие. В этом заключается философское (мировоззренческое) значение этого учения.

Таблица 4. Формы изменчивости

Формы изменчивости		Причины появления	Значение	Примеры
Ненаследственная, модификационная (фенотипическая), групповая, определенная		Изменение условий среды, в результате чего организм изменяется в пределах нормы реакции, заданной генотипом	Адаптация — приспособление к данным условиям среды, выживание, сохранение потомства	Белокочанная капуста в условиях жаркого климата не образует кочана. Породы лошадей и коров, завезенных в горы, становятся низкорослыми
Наследственная (генотипическая), индивидуальная, неопределенная	Мутационная	Влияние внешних и внутренних мутагенных факторов, в результате чего происходит изменение в генах и хромосомах	Материал для естественного и искусственного отбора, так как мутации могут быть полезные, вредные и безразличные; доминантные и рецессивные	Появление полиплоидных форм в популяции растений или у некоторых животных (насекомых, рыб) приводит к их репродуктивной изоляции и образованию новых видов — микроэволюции
	Комбинативная	Возникает стихийно в рамках популяции при скрещивании, когда у потомков появляются новые комбинации генов	Распространение в популяции новых наследственных изменений, которые служат материалом для отбора	Появление розовых цветков при скрещивании белоцветковой и красноцветковой примул. При скрещивании белого и серого кроликов может появиться черное потомство
	Соотносительная (корреляционная)	Возникает в результате способности генов влиять на формирование не одного, а двух и более признаков	Постоянство взаимосвязанных признаков, целостность организма как системы	Длинноногие животные имеют длинную шею. У столовых сортов свеклы согласованно изменяется окраска корнеплода, черешков и жилок листа

Таблица 5. Формы борьбы за существование

Формы борьбы	Результат борьбы	Примеры из царства животных	Примеры из царства растений
Внутривидовая (состязание)	Сохранение популяции и вида за счет гибели слабых. Победа более жизнеспособной популяции над менее жизнеспособной, занимающей ту же экологическую нишу	Состязание между хищниками одной популяции за добычу; внутривидовой каннибализм — уничтожение молодняка при избыточной численности популяции; борьба за главенство в стае	В одновозрастном хвойном лесу одни деревья широко раскинули крону и больше улавливают света, их корни проникают глубже и достают воду и питательные вещества, нанося ущерб слабым; преимущества в возобновлении и размножении имеют более развитые особи
Межвидовая	Использование одного вида другим в качестве пищи, расселение на новой территории	Вытеснение жалоносной европейской пчелой местной австралийской; борьба за пищу между видами одного рода — серой и черной крысами; поедание хищниками жертв	Ели в лиственном лесу хорошо развиваются под пологом деревьев, а затем перегоняют в росте лиственные деревья, всходы которых в глубокой тени гибнут; сорные растения (аборигены данной местности) угнетают культурные растения; растения-паразиты питаются за счет растения-хозяина
Борьба с неблагоприятными условиями	Выживание в крайних или изменившихся условиях наиболее приспособленных форм	Зимой животные меняют окраску, густоту шерсти, впадают в спячку	Редукция листьев и образование длинных корней у растений пустыни, летний покой у эфемероидов, ловля насекомых у болотных растений (восполнение недостатка азота), огромная семенная продуктивность и способность к вегетативному размножению у истребляемых видов (сорняки), обильное спорообразование у грибов-паразитов

Таблица 6. Формы отбора (по Ч. Дарвину)

Показатели	Искусственный отбор	Естественный отбор
Исходный материал для отбора	Индивидуальные признаки организма	Индивидуальные признаки организма
Отбирающий фактор	Человек	Условия среды (живая и неживая природа)
Путь изменений:		
благоприятных	Отбираются, становятся производительными	Остаются, накапливаются, передаются по наследству
неблагоприятных	Отбираются, бракуются, уничтожаются	Уничтожаются в борьбе за существование
Характер действия	Творческий — направленное накопление признаков на пользу человеку	Творческий — отбор приспособительных признаков на пользу особи, популяции, вида, приводящий к возникновению новых форм
Результат отбора	Новые сорта растений, породы животных, штаммы микроорганизмов	Новые виды
Формы отбора	*Массовый; индивидуальный; бессознательный* (стихийный); *методический* (сознательный)	Движущий, поддерживающий уклонения в изменяющихся условиях среды

Задание 2

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 1, сверив правильность ответов с приведенными в конце книги ответами на вопросы контрольных работ.
- Повторить основные термины по словарю, общему для тем «Учение Ч. Дарвина» и «Развитие органического мира».
- Проанализировать таблицы 1–9.

Таблица 7. Основные формы естественного отбора (согласно синтетической теории эволюции)

Признак	Движущий отбор	Стабилизирующий отбор	Дизруптивный отбор
Условия действия	При постепенном и нерезком изменении условий существования организмов	В неизменных, постоянных условиях существования	При резких изменениях существования
Направленность	В пользу особей, имеющих отклонения от средней нормы признака, благоприятствующие для выживания в новых условиях	Против особей с крайними значениями признака	Против особей со средними значениями признака
Изменения, вызываемые в генетической структуре популяции	Отсев группы мутантов с одним средним значением признака и замещением группой мутантов с другим средним значением признака	Замещение группы мутантов с широкой нормой реакции группой мутантов с более узкой нормой реакции (при сохранении прежнего среднего значения признака)	Отсев группы мутантов с прежним средним значением признака. Формирование двух отдельных популяций с новыми средними значениями признака
Результат действия	Возникновение новой средней нормы признака, более соответствующей изменившимся условиям	Сохранение и поддержание значения средней нормы признака	Формирование двух новых средних норм (вблизи прежних крайних значений признака) вместо одной
Примеры	Возникновение у насекомых и грызунов устойчивости к ядохимикатам, у микроорганизмов — к антибиотикам. Индустриальный меланизм	Сохранение у насекомоопыляемых растений размеров и формы цветка, так как цветки должны соответствовать размерам тела насекомого-опылителя. Сохранение реликтовых видов	При частых сильных ветрах на океанических островах сохраняются насекомые либо с хорошо развитыми крыльями, либо с рудиментарными

Таблица 8. Микро- и макроэволюция

Признаки	Микроэволюция	Макроэволюция
Результат эволюционных преобразований	Формирование новых видов	Формирование надвидовых таксонов — родов, семейств, отрядов и др.
Механизмы	Действие ненаправленных факторов микроэволюции (мутационной и комбинативной изменчивости, популяционных волн, дрейфа генов, изоляции), направляющего фактора — естественного отбора	Не имеет специфических механизмов и осуществляется только посредством процессов микроэволюции, являясь их интегративным выражением
Длительность	Происходит внутри вида на уровне популяций. Может происходить в исторически короткое время и быть доступной непосредственному наблюдению	Идет на надвидовом уровне. Требует исторически больших промежутков времени и недоступна непосредственному наблюдению

Таблица 9. Дальнейшее развитие эволюционных взглядов в XX в.

Признаки	Эволюционная теория Ч. Дарвина	Синтетическая теория эволюции (СТЭ), дополненная положениями современной эволюционной биологии
Результат эволюции	Повышение приспособленности к условиям среды, повышение уровня организации и увеличение многообразия организмов	
Единица эволюции	Вид	Популяция
Факторы эволюции	Наследственность, изменчивость, борьба за существование	Мутационная и комбинативная изменчивость, популяционные волны, дрейф генов. Изоляция усиливает действие этих факторов

Окончание табл. 9

Признаки	Эволюционная теория Ч. Дарвина	Синтетическая теория эволюции (СТЭ), дополненная положениями современной эволюционной биологии
Движущие факторы	Естественный отбор — следствие борьбы за существование	Естественный отбор — следствие борьбы за существование; основан на накоплении мелких случайных мутаций. (В отдельных случаях также дрейф генов, крупные хромосомные мутации или полиплоидия.)
Смысл термина «естественный отбор»	Выживание наиболее приспособленных и гибель менее приспособленных форм	Избирательное воспроизводство различных генотипов. (Поскольку отбор по фенотипам в ряду поколений сводится к отбору генотипов с нормой реакции, соответствующей условиям данной среды.)
Формы естественного отбора	Движущий (и половой как его разновидность)	Движущий, стабилизирующий, дизруптивный

Вопросы для самоконтроля

- В какой период исторического развития общества начинает бурно развиваться биология и с чем это связано?
- Каковы предпосылки возникновения теории Ч. Дарвина?
- Назовите главные труды Ч. Дарвина.
- Каковы основные положения эволюционного учения Ч. Дарвина?
- Что является движущими силами эволюции в учении Дарвина?
- Что понимают под изменчивостью?
- Что такое определенная, или групповая, изменчивость?
- Что такое неопределенная, или индивидуальная, изменчивость?
- Какая из форм изменчивости является наследственной?
- Что такое борьба за существование и какие у нее формы?
- Какую роль в борьбе за существование играет интенсивность размножения организмов?
- Чем отличается естественный отбор от искусственного?

- Что такое стабилизирующий отбор, движущий отбор, дизруптивный отбор?
- Каким образом получают новые породы животных? Приведите примеры.
- Каким образом выводят новые сорта растений? Приведите примеры.
- Какую роль в эволюции растений и животных играет искусственный отбор?
- Какой смысл заложен в понятие «приспособительный характер эволюции» у Ж.-Б. Ламарка и у Ч. Дарвина?
- Почему приспособительный характер эволюции носит относительный характер? Приведите примеры.
- Что такое дивергенция?
- В результате чего происходит дивергенция у видов?
- На какие более элементарные структуры подразделяется вид?
- Какие признаки целостности характеризуют вид?
- Как объяснить реальность существования вида?
- Как оценивают значение работ Ч. Дарвина для биологической науки современные ученые?
- Какие признаки позволяют объединить организмы в систематические группы?
- Какие систематические единицы (таксоны) приняты в классификации растений и животных?
- Как должны быть расположены таксономические единицы в системе, чтобы эта система отражала эволюционное развитие мира?

Контрольная работа № 1

1. Признаки какой изменчивости наследуются (групповая, индивидуальная, соотносительная, комбинативная)?
2. При какой форме изменчивости изменяется лишь фенотип (групповая, индивидуальная, соотносительная, комбинативная)?
3. Какая форма изменчивости приводит к дивергенции (определенная, неопределенная)?
4. Почему неопределенная изменчивость представляет основу эволюции (признаки наследуются, признаки не наследуются)?
5. Что является главной движущей силой эволюции (изменчивость, наследственность, борьба за существование, естественный отбор)?
6. В чем заключается приспособительный характер эволюции (организмы приспосабливаются под влиянием внешних условий; организмы побеждают в борьбе за существование в данных условиях; организмы подвергаются естественному отбору)?
7. В чем выражается относительность приспособительных при-

знаков в данных условиях существования (полезные признаки всегда полезные, вредные признаки всегда вредные, относительность пользы и вреда признаков)?

Словарь основных терминов и понятий — см. с. 39.

ТЕМА. Развитие органического мира

Доказательства эволюции органического мира. Сравнительная анатомия. Гомология и аналогия. Рудименты и атавизмы. Переходные формы. Сравнительная эмбриология. Биогенетический закон, современное представление о нем. Палеонтология. Деление истории Земли на эры и периоды. Главные направления органической эволюции. Ароморфоз, идиоадаптация и дегенерация. Соотношение различных направлений эволюции. Биологический прогресс и регресс.

Задание 3

- Повторить имеющийся учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 2.
- Повторить термины по словарю.
- Проанализировать таблицы 10–12.

Вопросы для самоконтроля

- В чем сущность биогенетического закона Мюллера — Геккеля и какое существенное дополнение внес в его формулировку А. Н. Северцов?
- Что называют онтогенезом?
- Что называют филогенезом?
- Какие примеры из ботаники и зоологии подтверждают положение биогенетического закона?
- Какие существуют основные направления эволюции организмов и каким ученым принадлежит заслуга теоретического обоснования этих направлений?
- Какое направление биологической эволюции поднимает живое существо на более высокую ступень организации?
- Какие изменения на ранних этапах возникновения жизни на Земле можно считать ароморфозами?
- Что такое идиоадаптация?
- Какие примеры идиоадаптации можно привести из мира растений и животных?

- Что такое дегенерация органов и в каком случае она происходит?
- Какие направления эволюции являются морфофизиологическим прогрессом, какие — регрессом?
- В чем отличие морфофизиологического прогресса и регресса от биологического?
- Какую роль играют мероприятия по охране природы в биологическом регрессе?
- Какие органы называют аналогичными, какие — гомологичными?
- Могут ли одни и те же органы быть аналогичными и гомологичными одновременно?
- Почему о родстве организмов судят на основе сравнения гомологичных органов?

Контрольная работа № 2

1. Как называется период развития организма от зиготы до отмирания (филогенез, онтогенез)?
2. Какие признаки развития являются филогенетическими у животных (одноклеточная стадия, бластула, гаструла, покровительственная окраска, плавательные перепонки) и у растений (одноклеточная стадия, однородные клетки зародыша, наличие хлоропластов, насекомоопыление)?
3. Какие изменения черт строения растений можно назвать ароморфозами (многоклеточность, наличие побега, цветка, плода, ветроопыление, насекомоядность)?
4. Какие изменения черт строения животных являются ароморфозами (многоклеточность, легочное дыхание, форма тела, теплокровность, двойное дыхание)?
5. Какие черты строения свидетельствуют о морфофизиологическом регрессе (внеорганизменное пищеварение, утрата органов пищеварения, утрата глаз, лишение хлорофилла, редукция корней)?
6. Свидетельствует ли морфофизиологический регресс о биологическом регрессе (да, нет)?
7. Какие органы являются гомологичными у животных (рука, лапа, крыло, ласт, хвост); у растений (корнеплод, клубень, корневище, луковица)?
8. Какие органы являются аналогичными у животных (крыло стрекозы, крыло летучей мыши, крыло птицы, рука, плавник) и какие у растений (усики гороха, усики огурца, усы земляники)?

Таблица 10. Гомологичные и аналогичные органы

Признак	Гомологичные органы	Аналогичные органы
Происхождение	Общее	Различное
Функция	Различная	Общая
Путь образования	Дивергенция	Конвергенция
Примеры	Ноги у лошади, ласты у тюленя, крылья у летучей мыши. Видоизменение листа у растений — ловчие аппараты, колючки, усики	Крылья насекомых и крылья птиц; роющие конечности крота и медведки. Усики различного происхождения (листового, побегового); колючки различного происхождения (листового, побегового)

Таблица 11. Биологический прогресс и биологический регресс

Признаки	Биологический прогресс	Биологический регресс
Численность вида	Высокая	Низкая
Количество популяций вида	Большое, образуются новые популяции	Небольшое, происходит сокращение числа популяций
Соотношение рождаемости и смертности в популяциях	Преобладает рождаемость	Преобладает смертность
Ареал вида	Расширяется	Сужается
Состояние надвидовых таксонов	Таксон высшего ранга включает в себя большое число таксонов низшего ранга: род включает большое число видов, семейство — много родов и т. д.	Таксон высшего ранга включает в себя небольшое число таксонов низшего ранга: род включает мало видов (иногда — один), семейство — один-два рода и т. д.

Таблица 12. Пути достижения биологического прогресса

Признак	**Ароморфоз**	**Идиоадаптация**	**Общая дегенерация**
Какими преобразованиями сопровождаются	Усложнение строения и функций, не являющееся приспособлением к условиям среды, но носящее самый общий характер. Дает возможность расширить ипользование условий внешней среды, развива-ет более активные способы борьбы за существование	Частные приспособления к специфическим условиям среды	Приспособления к более простым условиям существования: упрощение организации, возникновение приспособлений к специфическим условиям жизни
Изменение общего уровня организации	Повышается	Сохраняется	Понижается
Уровень осуществления эволюции	Выход в другую адаптивную зону	В пределах одной адаптивной зоны	Возможна как в пределах одной адаптивной зоны, так и с выходом в другую зону
Уровень возникающих таксономических различий	Как правило, не ниже класса	Таксоны невысокого ранга — семейство, род, вид. Приводит к увеличению видового разнообразия	Таксоны невысокого ранга — семейство, род, вид
Примеры	Наиболее крупного масштаба: возникновение эукариотической клетки, многоклеточности, автотрофности.	Покровительственная окраска животных, возникновение ластов у морских млекопитающих, формирование узкоспециализированных форм;	Утрата корней и листьев растениями-паразитами, развитие приспособлений к паразитированию (химических механизмов внедрения в ткани хозяина).

Окончание табл. 12

Признак	Ароморфоз	Идиоадаптация	Общая дегенерация
Примеры	На уровне типа — появление пучков поперечнополосатых мышц у членистоногих; появление челюстей у позвоночных. На уровне класса — появление у птиц четырехкамерного сердца, теплокровности, совершенствование отделов головного мозга	видоизменения вегетативных органов растений, соответствие строения цветков размерам тела насекомых-опылителей	Исчезновение органов чувств и пищеварительной системы у паразитических червей, появление у них присосок и крючков, огромная плодовитость паразитов

Правила эволюции

1) Неограниченность эволюции — эволюционный процесс будет продолжаться без остановки столько, сколько будет существовать жизнь на Земле.

2) Необратимость эволюции (Л. Долло, 1893) — любая систематическая группа не может вернуться к состоянию своих предков.

3) Направленность эволюции — естественный отбор направляет развитие вида в сторону большей приспособленности к конкретным условиям среды.

4) Происхождение от неспециализированных предков (Э. Коп, 1904) — новые крупные таксоны происходят не от высших представителей предковых групп, а от сравнительно неспециализированных форм.

5) Прогрессирующая специализация (Ш. Депере, 1876) — если группа вступила на путь специализации, она, как правило, в последующем филогенетическом развитии будет углублять специализацию и совершенствовать приспособляемость к определенным условиям жизни.

6) Адаптивная радиация (В. О. Ковалевский, 1875, Г. Осборн, 1915) — филогенетическое развитие группы идет дивергентно в разных направлениях, в результате чего один ствол распадается на несколько дочерних, осваивающих разные экологические условия.

7) Чередование главных направлений эволюции (А. Н. Северцов) — для всех групп животных и растений свойственно чере-

дование ароморфозов, сопровождающихся выходом группы в новую среду, и идиоадаптаций, сопровождающихся освоением новых условий среды и формированием в данной группе новых таксонов.

Словарь основных терминов и понятий

Аналогичные органы (греч. «ана» — обратно) — органы, выполняющие одинаковые функции, но имеющие разное происхождение и строение. Возникают в результате конвергенции и являются следствием приспособления различных органов к одинаковым условиям среды как фактору отбора. Так, крылья насекомых, рукокрылых млекопитающих (летучие мыши), птиц представляют собой аналогичные органы. Они служат для полета, однако имеют различное строение и происхождение. Усики, необходимые для прикрепления стеблей растений к опоре, также являются аналогичными органами и могут быть как листового (у гороха), так и стеблевого (у винограда) происхождения.

Ароморфоз (греч. «аро» — поднимаю, «морфа» — форма) — приспособительное изменение общего значения, повышающее уровень организации и жизнеспособность особей, популяций, видов. Учение об ароморфозах, идиоадаптациях и дегенерациях разработано А. Н. Северцовым (1925). Ароморфоз означает усложнение организации, которое сохраняется при дальнейшей эволюции и приводит к возникновению новых крупных систематических групп. Примеры ароморфозов у растений — возникновение автотрофного питания, появление побеговых растений, семенного размножения, образование цветков, защита семян околоплодником, двойное оплодотворение и т. д. Возникновение у животных скелета, свободных конечностей, теплокровности, четырехкамерного сердца, живорождение потомства и вскармливание его молоком — также крупнейшие ароморфозы, так как они дали возможность освоить животным новые среды обитания и источники питания. Это привело к перестройке общего уровня организации. В результате ароморфозов в процессе эволюции возникали новые типы животных, отделы растений, их классы.

Атавизм (лат. «атавус» — предок) — проявление признаков предков, уже утраченных в ходе эволюции. Атавизмы — одно из доказательств эволюции, указывающих на происхождение от предков, у которых эти признаки были обычны и их гены сохранились, но они блокированы. Например, многососковость у коров (при обычном четырехсосковом вымени), развитие хвоста и волосяного покрова всего лица у человека. У растений на месте

тычинок — лепестки и таким образом формируются махровые бесплодные цветки. Это свидетельствует о листовом происхождении тычинок и пестиков цветков.

Биогенетический закон, сформулирован в 1864 г. немецкими зоологами Ф. Мюллером и Э. Геккелем, согласно которому каждая особь в своем индивидуальном развитии (онтогенезе) повторяет историю развития своего вида (филогенез), т. е. онтогенез есть краткое повторение филогенеза. В XX в. формулировка этого закона была уточнена в свете работ отечественных ученых — А. О. Ковалевского, А. Н. Северцова, И. И. Шмальгаузена. Было доказано, что в онтогенезе повторяется строение не взрослых стадий предков, а их зародышей. В онтогенезе организмов закладываются новые пути их исторического развития — филогенеза.

Биогеография — наука, изучающая распространение на Земле животных и растений. Земля подразделяется на пять биогеографических областей — Голарктическую, Индо-Малайскую, Эфиопскую, Неотропическую и Австралийскую, каждая из которых имеет свою фауну (животный мир) и флору (растительный мир). Сравнивая флору и фауну всех областей, можно понять и объяснить их происхождение, родственные связи и направления эволюции. Так, рано изолировавшийся материк Австралия характеризуется преобладанием сумчатых млекопитающих, так как его фауна сохранилась на более ранней ступени эволюционного развития. Знание закономерностей распространения животных и растений по земному шару, особенно в эпоху научно-технической революции, очень важно для сохранения многих уникальных видов, которые могут жить и размножаться только в своих природных условиях обитания.

Биологический прогресс — преобладание рождаемости в популяциях над смертностью в них (высокий потенциал выживаемости). Характеризуется возрастанием численности особей, расширением площади обитания, повышением темпов внутривидовой изменчивости. Биологический прогресс — результат успеха вида в борьбе за существование. Прогрессирующие виды могут относиться к различным систематическим группам растений и животных. Так, в настоящее время среди одноклеточных организмов процветают бактерии, простейшие; из высших растений — покрытосеменные; из хордовых животных — млекопитающие. На пути биологического прогресса находятся сорные растения, паразитические грибы; из животных — насекомые — вредители лесов, садов, полевых культур, многие грызуны, птицы, т. е. виды истребляемые, подвергающиеся массовому уничто-

жению. У них идет отбор на выносливость, выживаемость, плодовитость.

Биологический регресс — преобладание смертности в популяциях над рождаемостью в них (низкий потенциал выживаемости). Характеризуется снижением численности особей в популяции, сужением и разрушением целостности площади обитания, уменьшением темпов внутривидовой изменчивости, подверженностью массовой гибели и в конечном счете свидетельствует об угасании вида. В настоящее время виды, подвергшиеся биологическому регрессу, во многих странах находятся под охраной человека; они помещены в ботанические или зоологические сады, заповедники и заказники, а также занесены в Красную книгу. К числу исчезающих видов можно отнести уссурийского тигра и пятнистого оленя в Евразии, ехидну и утконоса в Австралии, голосеменное дерево гинкго в Восточном Китае и др. Вымирание вида означает, что навсегда утратятся гены, которыми человек мог бы воспользоваться для восстановления его или для селекции, а в конечном счете беднеет генофонд Земли.

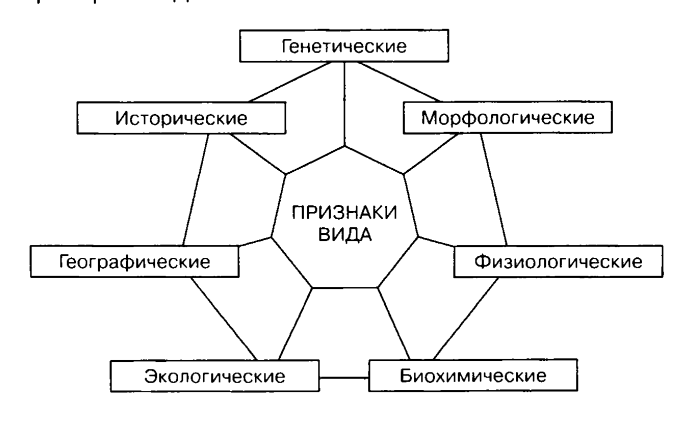
Борьба за существование, по Ч. Дарвину, — сложные и многообразные взаимоотношения особей внутри вида, между видами и с неблагоприятными условиями неживой природы. В результате внутривидовой борьбы (состязания) сохраняются более сильные, жизнестойкие, плодовитые особи и гибнут слабые, что в целом служит сохранению популяции. При межвидовой борьбе популяции одного вида вытесняют популяции другого, если они оказываются в одних и тех же условиях обитания и используют одно и то же жизненное пространство, убежища, пищу, места размножения. При этом чем многочисленнее популяции, тем острее борьба. В то же время у популяции имеются приспособления для избежания или уменьшения столкновений: у животных — разметка границ, позы угрозы и подчинения, звуковая сигнализация; у растений — цветение до образования листьев (мать-и-мачеха), образование спор до появления травяного покрова (хвощ полевой). Борьба за существование может пониматься и в более широком смысле — как благоприятствование видов друг другу. Например, насекомые-опылители извлекают нектар цветков и переносят пыльцу, способствуя перекрестному опылению; птицы и млекопитающие питаются семенами и плодами растений, одновременно распространяя их.

Борьба с неблагоприятными условиями среды — это выживание тех или иных организмов в изменяющихся условиях среды (температура, влажность, соленость, освещенность, состав воз-

духа, почвы, воды и др.). В ходе естественного отбора выживают особи, наиболее устойчивые к неблагоприятным условиям, остальные погибают. Оставшиеся особи обычно образуют новую популяцию, приспособленную к данной среде обитания, что в целом способствует выживанию вида.

Вид (лат. «генус») — совокупность особей, которая характеризуется следующими признаками: а) происхождением от общего предка; б) единым генетическим аппаратом; в) сходством морфологических, физиологических и биохимических признаков; г) свободным скрещиванием в природных условиях и наличием плодовитого потомства; д) распространением на определенном участке Земли (ареале) в сходных экологических условиях; е) общими типами взаимоотношений с биотическими и абиотическими факторами среды; ж) изоляцией от других групп особей, почти полным отсутствием гибридных форм (схема 5). В то же время вид — явление историческое, так как он существует определенный отрезок времени, постепенно распадаясь на новые подвиды, а затем и виды в результате микроэволюции. Как только представители двух популяций перестают скрещиваться между собой, это значит, что они уже являются двумя самостоятельными видами. С образованием нового вида микроэволюция не прекращается, а продолжается далее без какого-либо перерыва. Вид — структурная единица систематики растений и животных. В настоящее время насчитывают 500 000 видов растений и свыше 1 600 000 видов животных, обитающих на земном шаре. Ученые-систематики объединяют виды в более крупные систематические группы, такие как роды, семейства, отряды (или порядки), классы, типы (или отделы).

Схема 5. Критерии вида



Географическое видообразование — образование нового вида в результате географической изоляции популяции. Обычно это наблюдается вследствие разрыва ареала (площади распространения). Например, при отделении материка Австралии обитавшие там животные оказались в изоляции, поэтому среди млекопитающих эволюционировали лишь сумчатые животные (более древние), а на других материках — сходные с ними, но плацентарные (например, сумчатый волк и волк из отряда хищных; сумчатая крыса и крыса из отряда грызунов). Географическое видообразование происходит в такой последовательности: изменение среды обитания и положения вида (популяции) в ней → изменение направления естественного отбора → отбор наиболее приспособленных особей или особей, способных освоить новые территории, расселение особей за пределы ареала → географическая изоляция между популяциями → отбор в новых условиях среды → возникновение подвидов → биологическая изоляция → возникновение новых видов.

Гомологичные органы (греч. «гомос» — одинаковый) — органы, сходные между собой по происхождению, строению, но выполняющие разные функции. Появление их — результат дивергенции. Примером гомологичных органов у животных могут служить передние конечности, состоящие из одинаковых костей, имеющих одинаковое происхождение, но выполняющих разные функции: у земноводных, пресмыкающихся, у большинства зверей они служат для ходьбы, у птиц — для полета, у китов — для плавания, у крота — для рытья земли, у человека выполняют тончайшие операции в трудовом процессе. У растений гомологичными органами являются заросток папоротника, первичный эндосперм семязачатка сосны, зародышевый мешок цветкового растения. Все они образуются из спор, имеют гаплоидный набор хромосом и несут женскую гамету — яйцеклетку. Но заросток папоротника — автотрофное растение с архегониями. Первичный эндосперм сосны входит в состав семязачатка, а затем — семени в качестве запасающей ткани. Сформированный зародышевый мешок имеет восемь клеток, и лишь три из них принимают участие в развитии семени, остальные отмирают. Гомологичные органы свидетельствуют о том, что в ходе приспособительной эволюции признаки претерпевают глубокие изменения, которые приводят к образованию новых видов, родов и более крупных систематических групп животных и растений.

Дарвинизм — созданное английскими учеными Ч. Дарвином и А. Уоллесом в 1858 г. эволюционное учение, опровергшее сущест-

вовавшее толкование природы как творения Бога, т. е. теории креационизма, витализма, трансформизма. Они выдвинули положение, согласно которому все существующие ныне многочисленные формы растений и животных произошли от более простых организмов путем постепенных изменений, накапливавшихся из поколения в поколение, т. е. эволюционно. Согласно учению Ч. Дарвина, движущими силами эволюции являются изменчивость, наследственность, борьба за существование и естественный отбор. Основываясь на этих положениях, Ч. Дарвин объяснил естественный ход эволюции, происхождение видов животных и растений, доказал естественное происхождение человека.

Движущие силы эволюции — факторы (причины) эволюции. Согласно эволюционному учению Ч. Дарвина, это изменчивость, наследственность, борьба за существование и естественный отбор.

Движущий отбор — форма естественного отбора, поддерживающая уклонения признака в изменяющихся условиях среды, в результате чего меняются признаки и свойства видов и происходит их переход в другие виды. В природе процесс идет медленно: у позвоночных около полумиллиона лет. Внедрившись в природные процессы, человек проводит движущий отбор быстро. Так, чтобы вывести новую породу кур, требуется 3–6 лет, а чтобы получить расу (форму) насекомых, устойчивых к ядохимикатам, достаточно обработать поле и среди массы погибших насекомых найти единицы выживших. От них и возьмет свое начало новая форма. Чтобы с ней бороться, надо или увеличивать дозу, или менять яд. В противном случае в следующем году количество насекомых сильно возрастет. То же касается и сорняков. Так, провеивая семена культурных растений (злаков), человек отделял семена сорняка погремка большого, у которых было крыло. В результате изменчивости появились семена бескрылые; их отвеять было невозможно; они оставались в семенном материале и размножались в посевах. В итоге появился новый вид растений — погремок бескрылый.

Дегенерация (лат. «дегенераре» — вырождение) — приспособительные изменения организмов, приобретаемые путем понижения уровня общей организации — упрощения строения и функций. При этом дегенерирующие виды могут находиться на пути биологического прогресса. Так, паразитические ленточные черви утратили пищеварительную систему, у обитающих в земле кротов редуцированы глаза. Цветковые растения-паразиты (повилика, заразиха) не имеют хлорофилла, листьев, корней, но при этом обладают высокой семенной продуктивностью. Организ-

мы, подвергшиеся дегенерации, могут существовать лишь в условиях среды, где отсутствие у них тех или иных органов целесообразно, при изменении же условий они погибают, что подтверждает относительный характер целесообразности.

Дивергенция (лат. «дивергере» — обнаруживать расхождение) — расхождение признаков в пределах популяции, вида, возникающее под действием изменчивости, закрепленное наследственно и сохраненное естественным отбором. Общая закономерность эволюции, приводящая к образованию новых видов, родов, классов и т. д.

Естественный отбор — движущий фактор эволюции (по Ч. Дарвину). Он заключается в том, что в борьбе за существование сохраняются и оставляют потомство особи наиболее приспособленные и погибают менее приспособленные. Полезные изменения, направленные в сторону лучшей приспособляемости, дают особям преимущество перед остальными, благодаря чему они лучше выживают и размножаются в данных условиях существования. Эти изменения закрепляются наследственно, накапливаются и дают материал для эволюции. В новых условиях нейтральные изменения могут стать полезными или вредными, и они также попадают под контроль естественного отбора. В результате отбора часто накапливаются признаки и свойства, невыгодные для отдельной особи, но полезные для популяции или целого вида. Примером служит серповидно-клеточная анемия — болезнь человека, причиняемая мутацией, вызывающей дефект в молекуле гемоглобина. При этом эритроцит приобретает форму серпа и его способность переносить кислород снижается. Организмы, гомозиготные по этому признаку, гибнут еще в детстве. Однако в странах Средиземноморья и в некоторых тропических районах этот ген достаточно распространен. В указанных районах до 10–12% людей являются гетерозиготными по этому гену. Польза для популяции заключается в том, что эти особи не заболевают очень распространенной в этих странах малярией. Отбор действует в сторону поддержания высокой частоты этого летального гена. Среди насекомых подобным примером служат пчелы: ужалившая рабочая пчела погибает. Летальный для отдельной особи исход полезен для популяции, так как враги очень осторожно относятся к пчелам.

Закон зародышевого сходства — сформулирован в 1828 г. русским ученым К. М. Бэром. Работая в области эмбриологии позвоночных, он впервые описал яйцеклетку млекопитающих, стадии бластулы и гаструлы, дальнейшее развитие различных

зародышей. На основе полученных результатов вывел закон: на ранних стадиях зародыши всех позвоночных сходны между собой, более развитые формы проходят этапы развития более примитивных форм. Лишь в более поздних фазах появляются признаки класса, затем отряда, семейства, рода, вида и особи. Закон Бэра был использован для построения естественной системы животного мира. Открытие этого закона явилось одной из предпосылок создания эволюционного учения Ч. Дарвина и биогенетического закона Ф. Мюллера и Э. Геккеля.

Идиоадаптация (греч. «идиом» — особенность, «адаптация» — приспособление) — частные приспособительные изменения, полезные в данной среде обитания и возникающие без изменения общего уровня организации. Идиоадаптации возникают после ароморфоза, когда группа организмов заняла новую среду обитания и начались приспособительные изменения у отдельных популяций. Поэтому все популяционные, видовые, родовые особенности растений и животных относятся к идиоадаптациям. Примером могут служить различные формы тела рыб, цвета оперения у птиц, приспособления к опылителям у цветковых растений и т. д. Наряду с термином «идиоадаптация» применяется и термин «идиогенез» (образование особенностей).

Изменчивость — способность организмов изменять свои признаки и свойства. Определенная, групповая (модификационная) изменчивость не наследуется. Неопределенная, индивидуальная (мутационная) изменчивость наследуется.

Интенсивность размножения особей — соотношение рождаемости и смертности в популяции. Одной из причин перенаселения является размножение организмов в геометрической прогрессии. Так, потомство одной семянки одуванчика на следующий год составит 100 особей, на пятый год — 10^8, на десятый — 10^{18}. Один окунь дает 200–300 тыс. икринок, одна особь трески — 10 млн икринок за один сезон. Слон, принося за жизнь не более 6 детенышей, может дать за период 740–750 тыс. лет 19 млн особей. Несмотря на такую огромную плодовитость животных и растений, фактическое их число, особенно во взрослом возрасте, значительно меньше, так как большинство особей гибнет. Побеждают в борьбе за существование и продолжают род те особи, которые могут передать потомкам совокупность признаков, обеспечивающих приспособление к данным условиям существования; остальные признаки устраняются естественным отбором. Следовательно, перенаселение в природных популяциях — одна из причин возникновения борьбы за существование и естественного отбора.

Исторический (филогенетический) метод — метод исследования истории развития мира живых организмов, построенный на базе эволюционной теории Ч. Дарвина. Применяется в ботанике, зоологии, географии растений и животных, палеонтологии, физиологии, анатомии, благодаря чему сделан ряд открытий, построены филогенетические системы организмов и сформулированы новые законы и закономерности. Достижения этих наук, в свою очередь, послужили доказательством эволюционного развития органического мира, углубили и дополнили эволюционную теорию.

Комбинативная изменчивость — см. с. 280.

Конвергенция (лат. «конвергере» — приближаться, сходиться) — сближение признаков в пределах разных систематических групп живых организмов, возникающее при действии относительно одинаковых условий существования на ход естественного отбора. Так, рыба акула, ископаемое пресмыкающееся ихтиозавр и млекопитающее дельфин имеют одинаковую форму тела, поскольку одинакова среда их обитания — водная.

Конкуренция (лат. «конкурере» — бежать вместе, соперничать) — форма взаимоотношений особей внутри популяции или между видами, если у них имеется один общий ограничивающий источник существования. Так, в сосновом лесу одни деревья угнетают другие, при этом выживают более мощные особи популяции; в еловом лесу в результате конкуренции между видами за свет нет подлеска из кустарников или трав. В стае волков вожаком становится самый сильный самец; местная австралийская пчела была вытеснена европейской, имевшей жало. Не возникает конкуренции лишь в том случае, когда виды занимают разные места обитания и ведут разный образ жизни. В агроценозах, создаваемых человеком, конкуренция не играет решающей роли и на выживаемость популяции отрицательного влияния не оказывает, так как при создании агроценозов учитываются особенности взаимоотношений растений: поле засевают обычно одной культурой, обеспечивая растениям достаточную площадь питания, истребляют сорняки, поглощающие воду и минеральные вещества. На животноводческих комплексах всех особей помещают в одинаковые условия, обеспечивая одинаковый уход и кормление.

Макроэволюция — надвидовая эволюция, в ходе которой виды еще больше обособляются друг от друга, образуя более крупные

систематические группы (роды, семейства и т. д.). Так, виды пшеница твердая, пшеница мягкая, пшеница-однозернянка и другие образуют род пшеница, а в свою очередь пшеница, рожь, ячмень и другие злаки составляют семейство злаковых и т. д. Все представители семейства произошли от какого-то одного общего предка в результате микроэволюции, осуществленной в популяциях этого предка. Для воссоздания макроэволюции одновременно используются данные сравнительной анатомии, палеонтологии и эмбриологии, благодаря чему было выявлено происхождение пшеницы, кукурузы и др.; в животном мире — современной лошади и слона.

Метафизический подход (греч. «мета» — вне, «физике» — природа) — подход, противоположный эволюционному. Рассматривает все явления природы и живые организмы как созданные Богом-творцом, не развивающиеся и не изменяющиеся, находящиеся в неподвижности, застое и не связанные друг с другом. На метафизическом восприятии мира (креационизм К. Линнея, Ж. Кювье) основаны идеалистическое направление в философии и различные религиозные учения.

Микроэволюция — начальный этап эволюционного процесса, который протекает внутри вида и приводит к образованию новых видов. Учение о микроэволюции развито Н. В. Тимофеевым-Ресовским. Микроэволюция осуществляется непосредственно внутри популяций, где встречаются особи с различными генотипами, и является следствием происходящих там мутаций и комбинаций генов. Естественный отбор постепенно меняет генный состав популяции (генофонд), что может привести к образованию нового подвида, а затем и вида. Признак появления нового вида — невозможность отделившейся популяции скрещиваться с особями исходной популяции и давать плодовитое потомство.

Модификационная изменчивость — см. с. 280.

Наследственность — способность организмов передавать следующему поколению свои признаки и свойства, т. е. воспроизводить себе подобных.

Неопределенная изменчивость — способность организма изменять свои признаки и свойства и передавать эти изменения по наследству. Эта форма изменчивости характерна для отдельных особей, поэтому называется индивидуальной. Изменения возникают как под влиянием внешней среды, так и под действием внутренних причин. Проявляются по-разному в зависимости от

величины действующего фактора и особенностей организма, поэтому выражены в различной степени. По Дарвину, именно эта форма изменчивости дает материал для естественного отбора и возникновения новых видов. В современной биологии эту форму изменчивости называют мутационной, возникающие при этом изменения генотипа — мутациями, а их причины — мутагенными факторами.

Онтогенез (от греч. «онтос» — особь, «генезис» — рождение) — развитие особи от зиготы до смерти, индивидуальное развитие особи.

Определенная изменчивость — способность организма изменять свои признаки и свойства под воздействием факторов среды, но не передавать эти изменения по наследству. Такая форма изменчивости характерна для всех особей данного вида при воздействии на них одинаковыми условиями среды и поэтому называется групповой. Определенная изменчивость — результат приспособляемости (адаптации) данного вида к данным условиям существования. Способствует выживанию вида. Так, с наступлением короткого осеннего дня все листопадные деревья сбрасывают листья; зайцы-русаки становятся белыми, когда выпадает снег. Если же изменить условия, то эти признаки не проявятся: на искусственном длинном дне береза не сбросит листья, а заяц не изменит окраску шерсти. В современной биологии эта форма изменчивости называется модификационной, а возникающие изменения — модификациями.

Палеонтология (греч. «палео» — древний) — наука об историческом развитии живой природы в течение всего геологического прошлого Земли, об ископаемых животных и растениях. В осадочных породах земной коры находят остатки растений, окаменевшие стволы деревьев, отпечатки листьев, пыльцу, а также окаменевшие кости, отпечатки раковин, скелетов. Во льду вечной мерзлоты хорошо сохраняются останки вымерших животных. Найденные в геологических пластах остатки свидетельствуют о пути эволюции, пройденном предками современных растений и животных. Возраст пластов определяют по количеству продуктов распада радиоактивных элементов (за 100 млн лет из 1 кг урана остается 985 г и образуется 13 г свинца и 2 г гелия).

Паразит — хозяин (греч. «паразитос» — нахлебник) — взаимоотношение между видами, при котором сохраняется жизнеспособность хозяина как среды обитания и источника пищи для па-

разита. Пользу извлекает только паразит, а хозяин в результате длительного процесса приспособительных изменений становится терпимым. Паразиты вызывают болезни человека, животных, растений. Бычий цепень, печеночный сосальщик поглощают питательные вещества из переваренной пищи или из крови человека и животного, вызывая их ослабление или даже отравление ядовитыми выделениями. Паразитический гриб трутовик пронизывает ствол дерева грибницей, в результате чего растение чахнет и гибнет. Пока хозяин не погибнет, паразит успевает дать многочисленное потомство.

Подвид — группа популяций, являющаяся составной частью вида. Представлена обособленными популяциями, отличающимися одним или несколькими морфологическими признаками от особей других популяций того же вида. Особи разных подвидов свободно скрещиваются между собой и дают плодовитое потомство. Так, вид белка обыкновенная включает свыше десятка подвидов, обитающих на территории от Атлантического до Тихого океана.

Половой диморфизм (греч. «ди» — два, «морфе» — форма) — наличие у одного и того же вида животных резких различий по величине, окраске, внешнему виду между особями мужского и женского пола. Половой диморфизм особенно выражен у павлинов, фазанов, уток. У этих птиц самцы значительно крупнее и красивее самок. У львов гриву имеют только самцы. У певчих птиц поют только самцы. Явные признаки, указывающие на пол, называют вторичными половыми признаками. Эти признаки хорошо выражены и у человека. Ч. Дарвин изучил половой диморфизм на примере птиц и бабочек. Он рассматривал его как следствие полового отбора.

Половой отбор — одна из форм внутривидового естественного отбора, основанная на соперничестве особей одного пола (чаще мужского) за право на продление рода. Значение полового отбора заключается в активизации процесса размножения вида. Выявлен Ч. Дарвином. Встречаются две формы. При первой форме отбора самка пассивна, а самцы борются за право продолжать род, причем побеждает более сильный. В этом направлении у самца в ряду поколений увеличивались физическая сила, активность, более мощно развивались копыта, рога, клыки, шпоры (у петухов) и т. д. При второй форме активна самка, которая выбирает более привлекательного самца для продолже-

ния рода, что привело к конкуренции между самцами за более красивый и яркий наряд (большинство птиц и бабочек). Для каждого самца это может послужить причиной гибели, но для популяции в целом имеет положительное значение, так как повышает шансы этих самцов на продление рода.

Популяционные волны (волны жизни) — см. с. 283.

Популяция (лат. «популярис» — народный) — совокупность особей одного вида, занимающих обособленную территорию в пределах ареала вида, свободно скрещивающихся друг с другом и в той или иной степени изолированных от других популяций данного вида. Популяция — единица эволюции, элементарная эволюционная структура, так как именно в ней происходят накопление наследственных изменений (мутаций и перекомбинаций), дивергенция и микроэволюционный процесс. Так, в озере Севан обитает пять популяций одного вида севанской форели, занимающих различные участки озера для нереста и нерестящихся в разное время года. Растение овсяница представлено популяциями, обитающими в различных природных зонах и отличающимися по морфологическим признакам: в тундре — это стелющееся растение, в лесной зоне — рыхлокустовое, в степях — плотнокустовое. Человек как биологический вид «человек разумный» представлен множеством популяций, живущих на разных материках и в разной степени изолированных друг от друга (например, жители высокогорий, Крайнего Севера, островов).

Практическое значение дарвинизма — применение учения об искусственном отборе и учения о борьбе за существование в сельском хозяйстве позволяет быстрее и целенаправленнее выводить новые, более продуктивные сорта культурных растений, породы домашних животных, штаммы микроорганизмов, а также сохранить видовое многообразие органического мира. Кроме того, большое значение имеет сокращение потерь сельскохозяйственной продукции от болезней, вредителей, сорняков. Химические меры защиты культур часто приводят к выживанию устойчивых форм вредителей и сорняков, которые оказываются вне конкуренции и размножаются еще более интенсивно. Поэтому в настоящее время уделяется большое внимание интегрированным (объединенным) средствам защиты растений, особенно биологическим. К их числу относятся: 1) ввоз и акклиматизация естественных врагов вредных организмов (для истребления

сорного растения амброзии из Америки в нашу страну ввезен жук амброзиевый листоед); 2) искусственное разведение хищников и паразитов вредных насекомых и применение их для защиты растений, особенно в условиях тепличных хозяйств (разводимое насекомое златоглазка уничтожает тлей); 3) применение гормональных препаратов, снижающих плодовитость насекомых-вредителей (клопа-черепашки, саранчовых и др.). Эти меры защиты культурных растений способствуют сохранению полезной фауны, которая при применении пестицидов погибает. При защите культур от сорняков надо помнить и о межвидовой борьбе, в которой побеждают сорняки, так как они неприхотливы, плодовиты, имеют растянутый период созревания и прорастания семян, хорошо размножаются вегетативно. Культурные же растения могут существовать только при условии ухода за ними. Зная биологические особенности сорняков и культурных растений, следует разрабатывать и применять научно обоснованную агротехнику, интегрированные системы защиты растений, выводить сорта, устойчивые к неблагоприятным условиям окружающей среды, болезням, вредителям. Умение применять на практике теоретические знания — одно из главных условий успешного внедрения индустриальной технологии в сельском хозяйстве.

Предпосылки возникновения учения Ч. Дарвина. К ним относятся следующие: 1) накопление большого научного материала по геологии, палеонтологии, географии, ботанике, зоологии; 2) создание клеточной теории, открытие закона сохранения и превращения энергии, закона зародышевого сходства; 3) высокий уровень развития сельского хозяйства в Англии — особенно селекции животных и растений; 4) собственные наблюдения и открытия Ч. Дарвина во время кругосветного путешествия на корабле «Бигль» и при изучении сельского хозяйства Англии. В результате анализа и обобщения этого огромного фактического материала Ч. Дарвин создал эволюционное учение, которое явилось ответом на вопрос многих поколений ученых и мыслителей о происхождении видов (подробнее см. табл. 2.).

Приспособленность организмов — относительная целесообразность строения и функций организма, являющаяся результатом естественного отбора, устраняющего не приспособленных в данных условиях существования особей. Так, покровительственная окраска зайца-русака летом делает его незаметным, но неожи-

данно выпавший снег эту же покровительственную окраску зайца делает нецелесообразной, так как он становится хорошо заметен для хищников. Ветроопыляемые растения в дождливую погоду остаются неопыленными.

Разнокачественность особей — разнообразие генотипов особей в пределах популяции, возникающее в результате мутационной и комбинативной изменчивости. Разнокачественность особей дает материал для естественного отбора, обеспечивая жизнеспособность популяции.

Разнокачественность популяций — разнообразие популяций в пределах подвидов и видов, возникающее в результате мутационной и комбинативной изменчивости и поддерживаемое микроэволюцией. Так, разделение популяций луговых трав на цветущие до и после покоса приводит к их изоляции, но в целом способствует сохранению вида, так как травы, цветущие во время косьбы, потомства не дают. В водоемах образовались популяции хищных рыб крупного и мелкого размера, относящиеся к одному виду (например, у щуки). Возникновение популяций мелких особей явилось приспособлением к длительному питанию планктоном. В ходе продолжительного процесса микроэволюции могут возникнуть два подвида, но на данном этапе эволюции отсутствие конкуренции за пищу способствует сохранению вида.

Репродуктивная изоляция (лат. «ре» — обратно и «продукцио» — производство, произведение) — разновидность изоляции отдельных популяций друг от друга, заключающаяся в том, что они не могут скрещиваться и давать плодовитое потомство. Изоляция эта выражается неодинаково. Например, в виде несовпадающего периода перехода к размножению, разного строения внешних и внутренних половых органов, различных мест для спаривания или нереста, неодинакового набора хромосом в гаметах, благодаря механизмам генетической несовместимости и т. д. Эта форма изоляции ограничивает обмен наследственной информацией между группами особей и сохраняет ценные приспособительные признаки, дает возможность виду стойко закрепиться в определенном ареале и экологической нише. Примером репродуктивной изоляции могут служить различные популяции жаб: одни откладывают икру в мелких водоемах (лужах, ручейках), другие — в больших (прудах, болотах), что исключает гибридизацию. Репродуктивная изоляция — главный признак появления нового вида.

Рудименты (лат. «рудиментум» — остаток) — недоразвитые органы, в ходе эволюции утратившие свои функции, но оставшиеся у организма. Так, у человека сохранились рудименты хвостовых позвонков (копчиковая кость), остатки волосяного покрова на теле, слепая кишка с червеобразным отростком (аппендиксом), как у копытных животных. У растений чешуи на подземных органах — корневищах, клубнях — это рудиментарные листья. У тычиночных цветков огурца имеется в центре бугорок — остаток пестика. Наличие рудиментов — одно из доказательств реального хода эволюции, свидетельствующих о строении предковых форм.

Симбиоз (греч. «сим» — вместе, «биозис» — образ жизни) — сожительство двух организмов, из которого оба извлекают пользу. Так, растение лишайник представляет собой симбиоз гриба и водоросли: гриб создает среду обитания для водоросли, поглощая воду и минеральные соли из почвы; водоросль в процессе фотосинтеза образует крахмал, который использует для питания гетеротрофный гриб. В толстом кишечнике человека обитают кишечные бактерии, которые находятся с ним в симбиозе. Они расщепляют клетчатку пищи и используют освобождающуюся при этом энергию; при этом они образуют некоторые витамины, необходимые человеку. В лесу грибы находятся в симбиозе с деревьями, образуя микоризу (грибокорень). Грибы всасывают из почвы воду с минеральными веществами, существенно дополняя деятельность корневых волосков, от дерева же грибы получают готовые органические вещества. Симбиоз — результат приспособленности организмов к условиям среды обитания.

Современная эволюционная теория — это синтетическая теория эволюции, основы которой были заложены советским ученым С. С. Четвериковым (1926), объединившим дарвинизм с классической генетикой. Подробнее см. «Синтетическая теория эволюции».

Сравнительная анатомия — направление научного исследования, благодаря которому устанавливают степень общности и различия в строении организмов. У близкородственных организмов наблюдается большое сходство в строении органов. Так, при сравнении общего плана строения наземных хордовых животных (классы земноводных, пресмыкающихся, птиц, млекопитающих и, наконец, человека) отмечаются хорошо выраженные общие черты: сходный тип скелета, конечностей, мышц, похожее взаиморасположение внутренних органов. Это свидетельствует о единстве происхождения перечисленных классов и

служит доказательством эволюционных преобразований от более простых форм к высокоразвитым.

Стабилизирующий отбор — форма естественного отбора, поддерживающая постоянство средней нормы признака при постоянных условиях среды. Стабилизирующий отбор сохраняет приспособленность вида, уменьшает его изменчивость. Любые отклонения нарушают приспособленность, поэтому устраняются отбором и приводят к гибели особей. Стабилизирующий и движущий отборы осуществляются одновременно, и их действие противоположно. Действие стабилизирующего отбора усиливается при постоянных условиях среды, при изменяющихся преобладает движущий отбор.

Три периода развития дарвинизма — исторические этапы дальнейшего развития эволюционного учения Ч. Дарвина. Первый период — *роматнический* (вторая половина XIX в.), когда эволюционное учение одержало победу над метафизическим подходом, что дало толчок к развитию новых областей науки: эволюционной палеонтологии, экологии, биоценологии, эволюционной эмбриологии и т. д. Пропагандистами и сторонниками учения Ч. Дарвина были русские ученые К. А. Тимирязев, И. И. Мечников, А. О. и В. О. Ковалевские, И. М. Сеченов и ряд зарубежных ученых, в числе которых Э. Геккель, А. Уоллес, Ф. Мюллер и др. Второй период — *«отрицания»* (конец XIX — начало XX в.), когда были «переоткрыты» законы Менделя. Становление и развитие генетики привело к противопоставлению ее дарвинизму. В это время эволюционное учение продолжало развиваться, а теория естественного отбора стала подвергаться жесткой критике. Этой теории были противопоставлены другие: мутационная, хромосомная, миграционная, гибридизационная, которые утверждали, что виды образуются не постепенно — эволюционно, а скачкообразно — революционно. Автором мутационной теории был голландский ученый Г. де Фриз, хромосомной — американский ученый Т. Морган. Третий период — *современный синтез*, разработка синтетической теории эволюции. Началом его следует считать 1926 г., когда советский ученый С. С. Четвериков сформулировал основные положения популяционной генетики и соединил дарвинизм с современной генетикой. На этой базе сформировалось современное учение о микроэволюции.

Учение о виде — понятие вида как систематической единицы ввел в 1688 г. английский ученый Д. Рей, который писал, что к одному виду принадлежат растения, воспроизводящие себе подоб-

ных посредством семян. К. Линней также использовал вид как единицу своей «Системы природы». По Линнею, вид — совокупность сходных по строению особей, дающих плодовитое потомство. Каждый вид он считал результатом отдельного созидательного акта Творца, неизменным, постоянным и не связанным родством с другими видами. Ж.-Б. Ламарк полагал, что виды существуют в природе, но не вечно, а в течение определенных промежутков времени, т. е. они относительно постоянны. Ч. Дарвин создал учение о виде. В его труде «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859) объяснено происхождение видов в процессе эволюции как в прошлом, так и в будущем. Своим учением о виде Ч. Дарвин нанес сокрушительный удар по метафизическим идеалистическим воззрениям, которые существовали еще в середине XIX в. В дальнейшем учение о виде получило широкое развитие в трудах ученых разных стран, что выразилось в создании теорий микро- и макроэволюции, согласно которым вид состоит из популяций, где осуществляется процесс видообразования.

Фауна — совокупность всех видов животных какой-либо местности, страны или геологического периода. Например, фауна водоема, фауна высокогорий, фауна степей, фауна страны или фауна меловых отложений, фауна мезозойской эры и т. д.

Филогенез (от греч. «фило» — племя, род, вид и «генезис» — рождение) — историческое развитие органических форм. Может быть филогенез вида, рода и т. д.

Флора — совокупность всех видов растений, обитающих в какой-либо местности или обнаруживаемых в отложениях определенного геологического периода. Например, флора озера, флора района, флора области, флора страны и т. д.; или флора каменноугольного периода, флора четвертичного периода (антропогена) и т. д.

Хищник — жертва — звено в цепи питания, в котором травоядное или мелкое плотоядное животное служит пищей (жертвой) для крупного плотоядного животного. Такие взаимоотношения складываются между различными видами рыб, хищными птицами и мелкими млекопитающими, травоядными копытными и хищными млекопитающими и т. д. Как среди жертв, так и среди хищников выживают наиболее приспособленные: жертвы — наиболее защищенные, хищники — наиболее хитрые и ловкие.

Целесообразность — центральное положение метафизического подхода, согласно которому все живое создано Богом и соответствует какому-либо назначению, цели, поэтому оно вечно и не-

изменно. Согласно религиозному подходу все живые существа (животные и растения), а также человек были созданы Творцом за несколько дней и сохранились до нашего времени в том же виде, так как все созданное отвечало своей цели. С появлением эволюционного учения религиозным догмам был нанесен серьезный удар. С эволюционной точки зрения термин «органическая целесообразность» применяется как относительное понятие, когда какой-либо признак соответствует данным условиям существования. Например, ночные бабочки летят на светлый цветок за нектаром, но они же летят на огонь костра и погибают. Значит, данный приспособительный признак только в определенных условиях целесообразен; в других он грозит гибелью.

Эволюция (лат. «эволюцио» — развертывание) — непрерывный и необратимый процесс исторического развития природы. Эволюция живой природы длится более трех миллиардов лет, она началась в архейской эре и продолжается в наше время. На протяжении этого периода живая природа прошла путь от коацерватов до современного растительного и животного мира. Вершиной эволюции является человек.

Экологическое видообразование — образование нового вида в результате освоения популяцией нового местообитания в пределах ареала данного вида или в результате возникновения различий в образе жизни. Примером видообразования в связи с различием образа жизни популяции служит образование вида погремок большой. У этого растения в настоящее время есть две формы, которые по морфологическим признакам пока не отличаются, но переопыление между ними уже невозможно, так как одна форма цветет весной, другая — в конце лета. Причиной возникновения этих форм явилось воздействие ежегодного скашивания трав в середине лета. Цветущие летом особи, таким образом, не давали потомства и постепенно вымерли. Сформировалась сезонная изоляция, которая разделила популяцию на два будущих вида. Подобные примеры характерны и для животного мира. Сезонная изоляция была разделяющим фактором и для вида севанская форель. Все пять ее популяций нерестятся в разное время года, на разной глубине и в разных частях озера. Таким образом, это может привести к образованию новых подвидов, а затем и видов. Последовательность событий при экологичеком видообразовании следующая: изменение среды обитания или положения вида (популяции) в ней → изменение направления естественного отбора → отбор особей, наследственные изменения которых позволяют им освоить новые территории или местообита-

ние → освоение новых экологических ниш → отбор в новых условиях среды → возникновение подвидов → биологическая изоляция → возникновение новых видов.

Элементарная эволюционная единица — популяция, в которой происходит процесс микроэволюции. В настоящее время выявлено, что элементарные эволюционные процессы происходят на уровне популяций, характеризующихся генетической разнокачественностью. Особь не может быть элементарной эволюционной единицей потому, что она не обладает собственной эволюционной судьбой. Вид же, пройдя собственную эволюцию, включает в себя внутривидовые категории — подвиды и популяции, также обладающие эволюционной судьбой. Значит, наименьшей единицей, где происходит микроэволюция, является популяция.

Элементарные эволюционные факторы — факторы (причины) эволюции согласно СТЭ — это мутационный процесс, различные виды изоляции, популяционные волны, дрейф генов и естественный отбор.

Элементарный эволюционный материал — согласно СТЭ это: мутации, создающие генетическое разнообразие и различия между особями, популяциями, подвидами и близкими видами. Популяции могут отличаться как по одной мутации (сложность структуры коренного зуба у рыжих полевок), так и по нескольким (яснотка белая имеет в Европе белые цветки и сердцевидные листья, а в Забайкалье — розоватые цветки и заостренно-сердцевидные листья), что в целом свидетельствует об изменении генофонда вида.

Эмбриология (греч. «эмбрион» — зародыш, «логос» — наука) — раздел биологии, изучающий зародышевый период развития организмов. Русский ученый-эмбриолог К. М. Бэр в 1828 г. сформулировал закон «зародышевого сходства», установив на примере позвоночных животных тот факт, что на ранних этапах эмбриогенеза зародыши представителей всех классов очень похожи, но по мере развития их сходство слабеет. Этот закон послужил для Ч. Дарвина одним из важнейших доказательств эволюции органического мира. Современная эмбриология играет большую роль в предупреждении распространения наследственных заболеваний человека, владеет методами и средствами прогнозирования отклонений от нормы в развитии зародыша, вызванных генными и хромосомными мутациями. В настоящее время эмбриология является не только теоретической наукой, но и руководством в практической медицине.

ТЕМА. Возникновение жизни на Земле

Определение понятия «жизнь». Гипотеза академика А. И. Опарина о происхождении жизни. Абиогенный синтез органических соединений. Свойства первичных организмов. Ранние этапы развития жизни на Земле. Развитие органического мира в архейскую, протерозойскую и палеозойскую эры. Возникновение прокариот и эукариот. Дивергенция по способу питания: автотрофы и гетеротрофы. Космическая роль растений. Развитие жизни от одноклеточных к многоклеточным формам.

Общие указания. В данном разделе необходимо повторить и проанализировать определение жизни, данное Ф. Энгельсом, и сопоставить его с современным определением. Затем следует провести сравнение живого и неживого, а также перечислить этапы химической эволюции. При этом надо обратить внимание на последовательность возникновения различных органических соединений и на причины, которыми эта последовательность обусловлена. Очень важно понимание взаимодействия веществ, особенно белковых коацерватных капель с нуклеиновыми кислотами, давших живую органическую материю — пробионт. Проследив многоступенчатый характер усложнений и преобразований пробионта, прокариот (предъядерных), эукариот (ядерных) в ходе естественного отбора, следует отметить два направления развития органического мира — мира автотрофов и гетеротрофов.

К вопросу о невозможности самозарождения жизни на Земле в современных условиях надо подойти в основном с трех позиций: отсутствия соответствующих физико-химических условий, невозможности возникновения жизни абиогенным путем (из неживого) на данном этапе развития и неконкурентоспособности низкоорганизованных форм жизни, возникающих в биосфере заново.

Задание 4

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 3.
- Проанализировать таблицы 13–15.
- Проверить свои знания по словарю терминов и понятий.

Вопросы для самоконтроля

- Чем характеризуются звездная и планетарная стадии истории Земли?
- Какие химические элементы, а затем их соединения были в первичной атмосфере?

- Что послужило причиной образования первичного океана?
- Какие соединения могли быть растворены в водах первичного океана?
- Когда началась геологическая история Земли и какая эра была первой?
- В чем сущность I этапа зарождения жизни?
- Какие органические вещества первыми возникли в водах океана?
- В чем заключается II этап зарождения жизни на Земле?
- Почему соединение нуклеиновых кислот с коацерватными каплями считается важнейшим этапом возникновения жизни?

Таблица 13. Развитие доорганической природы

Стадия истории Земли	Возраст	Физико-химические условия	Процессы, происходящие на Земле
Звездная	Более 6 млрд лет	Поверхность Земли раскалена до 1000 °С, элементы находятся в виде атомов	Вследствие вращательного движения при постепенном снижении температуры атомы тяжелых металлов перемещались к центру, а на поверхности остались атомы легких элементов (N, H, C, O); при их взаимодействии выделялось много газов, поднимавшихся вверх
Планетарная	От 3,5 до 6 млрд лет	Первичная атмосфера	Газы образовали первичную атмосферу. Появились химические соединения: H_2O в виде водяного пара, NH_4^+, NH_3 H_2, CO_2, CO
		Первичный океан	С охлаждением планеты ниже 100 °С началась конденсация водяных паров. На Землю полились горячие ливни, что привело к образованию больших водоемов. Возникали частые грозы; из недр извергались карбиды (соединения металла с углеродом). В горячей воде они растворялись и образовывали углеводы, там же растворялись газы, соли, которые вступали в химические взаимодействия

Вопросы для самоконтроля (продолжение)

- Как питался и как дышал первый живой организм — пробионт?
- Какие изменения под действием естественного отбора претерпевали пробионты?
- Какую роль в эволюции органического мира сыграло появление фотосинтезирующих организмов?
- На какие два направления развития подразделяют ядерные организмы (эукариоты)?
- Кто из советских ученых создал рассмотренную теорию возникновения жизни на Земле?
- Почему невозможно самозарождение жизни, т. е. возникновение ее из неорганической материи, в современных условиях?

Контрольная работа № 3

1. Когда началась геологическая история Земли (свыше 6 млрд, 6 млрд, 3,5 млрд лет тому назад)?
2. Где возникли первые неорганические соединения (в недрах Земли, в первичном океане, в первичной атмосфере)?
3. Что явилось предпосылкой возникновения первичного океана (охлаждение атмосферы, опускание суши, появление подземных источников)?
4. Какие первые органические вещества возникли в водах океана (белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты)?
5. Какими свойствами обладали коацерваты (рост, обмен веществ, размножение)?
6. Какие свойства присущи пробионту (обмен веществ, рост, размножение)?
7. Какой способ питания был у первых живых организмов (автотрофный, гетеротрофный)?
8. Какой новый способ питания появляется у прокариот (автотрофный, гетеротрофный)?
9. Какие органические вещества возникли с появлением фотосинтезирующих растений (белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты)?
10. Возникновение каких организмов создало условия для развития животного мира (бактерии, синезеленые, зеленые водоросли)?

Таблица 14. Развитие органической жизни на Земле (I–III этапы по А. И. Опарину, 1924, и Дж. Холдейну, 1929)

Эра	Возраст	Этапы возникновения жизни	Процессы, происходящие на Земле
Архейская	От 2,6 до 3,5 млрд лет	I	Образование в водах океана из неорганических веществ *органических* в результате действия ультрафиолетовой радиации, грозовых разрядов и химических реакций
		II	Белки, жиры, углеводы, нуклеиновые кислоты концентрируются — образуют *коацерваты*, действующие как открытые системы, способные к росту
		III	В результате соединения и взаимодействия коацерватов с нуклеиновыми кислотами образуются живые существа — *пробионты* (протоклетки), способные к самовоспроизведению
		IV	Прогрессивное усложнение гетеротрофных примитивных организмов, возникновение автотрофного питания и свободного кислорода (*предъядерные* организмы — бактерии, гетеротрофы и фототрофы и синезеленые)
Протерозойская	От 0,5 до 2,6 млрд лет	Ядерные организмы	Появление *ядерных* автотрофных фотосинтезирующих растений (зеленые водоросли) и простейших; обогащение воды кислородом — среда обитания животных
		Многоклеточные организмы	Прогрессивное усложнение животных и растений. Беспозвоночные животные: кишечнополостные, черви, моллюски; различные водоросли
		Органные организмы	Прогрессивное усложнение тела животных (хордовые бесчерепные)

Таблица 15. Возникновение важнейших ароморфозов в ходе эволюции

Геологическая эра, период		Животные	Растения
Кайнозойская	Антропоген	Появление человека	
Мезозойская	Мел		Возникновение цветка и плода (покрытосеменные)
	Юра Триас	Четырехкамерное сердце, полное разделение артериального и венозного кровотоков, теплокровность (птицы, млекопитающие)	
Палеозойская	Пермь	Внутреннее оплодотворение, накопление желтка в яйцеклетке, размножение вне воды, ороговение кожи (пресмыкающиеся)	Образование семени, появление пыльцевой трубки (семенные папоротники, голосеменные)
	Девон	Преобразование плавников в конечности, плавательных (воздушных) пузырей — в легкие, выход на сушу первых позвоночных (стегоцефалы)	Расчленение тела на органы: корень, стебель, лист (высшие споровые)
	Силур	Расчленение тела на отделы (голова, туловище, хвост), образование у позвоночных челюстей и поясов конечностей (рыбы)	Выход растений на сушу (псилофиты), дифференциация тела на ткани
Протерозойская		Двусторонняя симметрия, хорда, вторичная полость тела	
		Половой процесс, морфологически оформленное ядро (эукариоты), многоклеточность	
Архейская		Фотосинтез, аэробное дыхание	

Словарь основных терминов и понятий

Абиогенный путь возникновения жизни на Земле (греч. «а» — частица отрицания, «биос» — жизнь) — возникновение живых тел из веществ неорганической (неживой) природы, которое происходило в **три этапа**. Автор этой гипотезы — советский ученый А. И. Опарин (1924). На базе его гипотезы основаны почти все современные представления о происхождении жизни на Земле.

Архейская эра (греч. «архайос» — древний) — самая древняя эра в геологической истории Земли; ее возраст более 3,5 млрд лет. Породы этой эры представлены гнейсами, кристаллическими сланцами, кварцитами. В эту эру на Земле зарождалась жизнь. Следов живых организмов не обнаружено, но многие горные породы, встречающиеся в отложениях, могли возникнуть лишь при участии бактерий и цианобактерий.

Второй этап возникновения жизни на Земле, согласно гипотезе А. И. Опарина, — этап образования из простых органических соединений в водах **первичного океана** белков, жиров, углеводов, нуклеиновых кислот. Разрозненные молекулы соединений концентрировались и формировали **коацерваты**, действующие как открытые системы, способные к обмену веществ с окружающей средой и к росту.

Гипотеза вечности жизни — гипотеза, пытающаяся объяснить происхождение жизни на Земле путем заноса из космического пространства спор растений, микроорганизмов, которые там существуют вечно в виде **космических зачатков**. Автор этой гипотезы — шведский ученый С. Аррениус (1859–1927); сторонники этого взгляда есть и среди современных ученых.

Гипотезы о происхождении и эволюции клетки — существующие в науке предположения о путях перехода от пробионта (первичной живой клетки) к настоящей растительной и животной клетке. Наиболее интересны две точки зрения: первая — о внутриклеточном происхождении органоидов из мембранных систем; вторая — о симбиотическом происхождении двухмембранных органелл — митохондрий и хлоропластов. Согласно первой гипотезе все органеллы клеток образуются или непосредственно из мембран эндоплазматической сети (аппарат Гольджи, сферосомы, лизосомы), или из ядра путем отделения частичек ядерного вещества, окруженных двойной мембраной ядерной оболочки

(митохондрии, пластиды). Вторая гипотеза предполагает, что на уровне протоклетки происходил фагоцитоз, в результате которого были захвачены гетеротрофные бактерии и автотрофные синезеленые, однако они не подвергались расщеплению пищеварительными ферментами, а вошли в симбиоз. Это объясняет присутствие у митохондрий (бывших бактерий) и пластид (бывших синезеленых) собственных ДНК, РНК и рибосом, а также двойной мембраны. В процессе жизнедеятельности организмов эти органеллы передаются через яйцеклетку в виде промитохондрий и пропластид, а размножаются путем собственного деления (перетяжки).

Живое тело — открытая саморегулирующаяся и самовоспроизводящаяся система, построенная из биополимеров — белков и нуклеиновых кислот (М. В. Волькенштейн, 1965). Первые живые тела возникли при взаимодействии коацерватов и нуклеиновых кислот; их называют **пробионтами**.

Свойства живого

1) Единство элементарного химического состава — в состав живого входят те же элементы, что и в состав неживой природы, но в других количественных соотношениях; при этом примерно 98% приходится на углерод, водород, кислород и азот.

2) Единство биохимического состава — все живые организмы состоят в основном из белков, липидов, углеводов и нуклеиновых кислот.

3) Единство структурной организации — единицей строения, жизнедеятельности, размножения, индивидуального развития является клетка; вне клетки жизни нет.

4) Обмен веществ и энергии (метаболизм), состоящий из двух взаимосвязанных процессов: ассимиляции — синтеза органических веществ в организме (за счет внешних источников энергии — света, пищи) и диссимиляции — процесса распада сложных органических веществ с выделением энергии, которая затем расходуется организмом. Именно обмен веществ и обеспечивает относительное постоянство химического состава организмов.

5) Открытость — живые системы являются открытыми, поскольку в ходе метаболиза через них проходят потоки веществ и энергии.

6) Саморегуляция — необходима для поддержания гомеостаза — постоянства внутренней среды организма.

7) Самовоспроизведение, в основе которого лежит информация, заложенная в ДНК.

8) Наследственность — способность передавать свои признаки и свойства последующим поколениям, основой которой является относительное постоянство строения молекул ДНК.

9) Изменчивость — способность приобретать новые признаки и свойства, основой которой являются изменения строения молекул ДНК.

10) Способность к росту и развитию (индивидуальному и историческому).

11) Раздражимость, благодаря которой живые системы способны избирательно реагировать на изменяющиеся условия внешней среды.

12) Дискретность — любая биологическая система состоит из отдельных взаимодействующих частей, которые вместе образуют структурно-функциональное единство.

В зависимости от способа питания они разделились на две группы — автотрофы и гетеротрофы. Первыми возникли гетеротрофные организмы, поглощающие органические вещества из окружающей среды — воды морей и океанов.

Жизнь — по определению Ф. Энгельса, «...есть способ существования белковых тел, существенным моментом которого является постоянный обмен веществ с окружающей их внешней природой, причем с прекращением этого обмена веществ прекращается и жизнь, что приводит к разложению белка» (Маркс К., Энгельс Ф. Соч. 2-е изд. Т. 20. С. 616).

Звездная стадия истории Земли — предполагаемая ранняя стадия (возраст более 6 млрд лет), когда Земля представляла собой раскаленный до температуры свыше 1000 °С шар. Все химические элементы находились в виде атомов. Вследствие вращательного движения при постепенном снижении температуры атомы тяжелых металлов перемещались к центру Земли, а на поверхности оставались атомы легких элементов (N, H, C, O). При их взаимодействии образовывалось много газов, поднимавшихся наверх.

Кайнозойская эра (греч. «кайнос» — новый, «зое» — жизнь) — эра новой жизни, которая длится 67 млн лет и продолжается в наши дни. Именно в эту эру животный и растительный мир постепенно приобрел современный облик. Среди растений окончательно наступило господство покрытосеменных (цветковых); животный мир характеризовался расцветом млекопитающих, птиц и насекомых. Вершиной эволюции млекопитающих явился отряд приматов, к которому относится род Человек. Кайно-

зойская эра — эра возникновения на Земле человека, культурных растений и домашних животных. Эта эра представлена тремя периодами: палеогеном, неогеном и антропогеном. Палеоген и неоген объединяются в третичный период. Антропоген называется еще четвертичным периодом. Именно в этот период развивался человек (греч. «антропос» — человек), история которого насчитывает около 10 млн лет. В результате неосознанной деятельности человека в современную эпоху биосфера находится на грани экологического кризиса. Прямое уничтожение многих видов растений и животных, ухудшение среды обитания, увеличение площадей агроценозов — все это обеднило природные биологические системы. В то же время названные изменения создают условия для процветания таких видов, как сорные растения, насекомые-вредители, грибы-паразиты, обладающие огромной плодовитостью. При отсутствии конкуренции они будут стремиться занять все освободившиеся места обитания. В свою очередь это вызовет биологический регресс и гибель видов, более требовательных к условиям обитания. Поэтому только глубокое знание объективных законов эволюции должно помочь человеку оценить сложившееся на Земле положение и принять меры к предотвращению экологического кризиса биосферы.

Мезозойская эра (греч. «мезос» — средний, «зое» — жизнь) — средняя эра в развитии жизни на Земле, наступившая после палеозоя. Она длилась около 240 млн лет и подразделяется на три периода: триасовый, юрский, меловой. Эта эра характеризуется относительной стабильностью растительного и животного мира в триасовый и юрский периоды, когда господствовали голосеменные растения и гигантские пресмыкающиеся; очень незначительное место занимали теплокровные животные — птицы, яйцекладущие, сумчатые и мелкие плацентарные млекопитающие. Но в середине мелового периода, вероятно по космогоническим причинам, на Земле резко меняется климат: усиливается солнечная радиация, становится более сухо и жарко. Это привело к резкому сокращению флоры споровых и голосеменных растений, бурному развитию и распространению на Земле покрытосеменных (цветковых), что существенно повлияло на состав и температуру атмосферы, состав почвы и воды. Вслед за этим изменилась фауна: вымерли гигантские пресмыкающиеся, и их место заняли млекопитающие, птицы, общественные насекомые (осы, пчелы, термиты). Таким образом, в меловом периоде произошла «биологическая революция».

Палеозойская эра (греч. «палайос» — древний, «зое» — жизнь) — эра древней жизни; ее возраст 570 млн лет. Подразделяется на кембрийский, ордовикский, силурийский, девонский, каменноугольный, пермский периоды. В палеозойскую эру растительный мир развивался от водорослей до первых семенных растений (семенных папоротников); животный мир — от примитивных морских бесчерепных хордовых до наземных пресмыкающихся. В силурийском периоде появились первые обитатели суши — растения-псилофиты и беспозвоночные животные — паукообразные. Это были первые животные, дышавшие атмосферным кислородом.

Первичная атмосфера — воздушная оболочка Земли, образовавшаяся около 6 млрд лет назад из газов, поднимавшихся от горячей планеты в результате идущих там реакций. Состояла из следующих химических соединений: воды в виде водяного пара, метана, аммиака, молекулярного водорода, диоксида углерода (углекислого газа), оксида углерода, сероводорода; молекулярного кислорода не было. В настоящее время эти же газы выделяют действующие вулканы.

Первичный океан — водная оболочка Земли, образовавшаяся в результате охлаждения планеты ниже 100 °С и начавшейся конденсации водяных паров. На Землю полились горячие ливни, и образовались большие водоемы. В атмосфере происходили частые грозы, на поверхность Земли свободно проникало ультрафиолетовое излучение, вулканы извергали карбиды (соединения металлов с углеродом). В результате взаимодействия карбидов с водой возникали углеводороды. В воде растворялись газы и соли, вступавшие в химические реакции. Таким образом создавались предпосылки для образования органических веществ.

Первый этап возникновения жизни на Земле — согласно гипотезе А. И. Опарина, это образование органических веществ из неорганических, происходившее в водах первичного океана более 3,5 млрд лет назад. При этом на Землю, которую еще не защищал озоновый экран, свободно проникало ультрафиолетовое излучение; в атмосфере происходили грозовые разряды. В условиях бескислородной среды атмосфера насыщалась альдегидами, спиртами, аминокислотами.

Планетарная стадия истории Земли — период доорганической эволюции, когда на Земле сформировались первичная атмосфера и первичный океан. Из атомов синтезировались неорганические соединения. Возраст этой стадии — от 3,5 до 6 млрд лет.

Протерозойская эра (греч. «протерос» — более ранний, «зое» — жизнь) — эра ранней жизни. Ее возраст 2,7 млрд лет. В это время в водоемах, помимо бактерий и синезеленых водорослей, появились первые ядерные организмы, как одно-, так и многоклеточные, представленные в основном зелеными водорослями. Фотосинтетическая деятельность водорослей создала условия для жизни в воде животных, так как вода обогатилась свободным молекулярным кислородом. Первыми появились беспозвоночные животные, относящиеся к типам кишечнополостных, червей, моллюсков, затем появились хордовые (бесчерепные — ланцетники).

Самозарождение жизни — донаучное представление об абиотическом пути появления на Земле живых организмов (животных и растений), происходящем на органической среде в присутствии свежего воздуха в любой момент развития жизни на Земле, в том числе и в современных условиях. Эти взгляды были опровергнуты М. М. Тереховским (XVIII в.) и Л. Пастером (XIX в.), доказавшими невозможность абиогенного зарождения живых существ в современных условиях.

Самопроизвольное зарождение живых организмов — взгляды ученых древнего мира и средних веков (стихийных материалистов), сводившиеся к тому, что живые существа зарождаются из росы, мяса, навоза, грязного белья и т. д. (Аристотель, ван Гельмонт). Антинаучность этих взглядов доказал Ф. Реди (XVII в.)

Теория возникновения жизни на Земле — теория, построенная на целом ряде экспериментальных исследований ученых разных стран, в основе которой лежит гипотеза акад. А. И. Опарина о возникновении жизни на Земле абиогенным путем. В опытах ученых Дж. Холдейна, С. Фокса, С. Миллера, Г. Мёллера удалось воспроизвести физико-химические условия, в которых из неорганических веществ возникали органические, образовывавшие, в свою очередь, подобие коацерватов. Основные положения теории следующие: 1) органические вещества сформировались из неорганических под действием физических факторов среды; 2) органические вещества взаимодействовали, образуя все более сложные вещества, в результате чего возникли ферменты и самовоспроизводящиеся системы — свободные гены; 3) свободные гены соединялись с другими высокомолекулярными органическими веществами; 4) вокруг них стали образовываться белково-липидные мембраны; 5) возникли клетки (подробнее см. табл. 13, 14).

Третий этап возникновения жизни на Земле — согласно гипотезе А. И. Опарина, этап развития жизни, когда коацерваты со-

единялись, укрупнялись, взаимодействовали между собой и с другими веществами, поглощаемыми ими. В результате взаимодействия коацерватов с нуклеиновыми кислотами образовались первые живые существа — пробионты, способные, помимо роста и обмена веществ, к самовоспроизведению. Наступил период органической эволюции, в основе которой лежали изменчивость, наследственность, естественный отбор. В отложениях конца архейской эры (2,7–3,5 млрд лет назад) находят следы предъядерных организмов (синезеленые, хемотрофные и гетеротрофные бактерии). В результате прогрессивных усложнений появились автотрофные растительные организмы, а вместе с ними свободный кислород и органические вещества — продукты фотосинтеза. Организмы, оставшиеся гетеротрофными, дали начало грибами и животным.

Раздел II. УЧЕНИЕ О КЛЕТКЕ

ТЕМА. Клеточная теория. Прокариоты и эукариоты

Клетка — элементарная живая система, основная структурная и функциональная единица растительных и животных организмов, способная к самообновлению, саморегуляции и самовоспроизведению.

Задание 5

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 4.
- Проанализировать таблицу 16.

Вопросы для самоконтроля

- Кем, когда и на каком объекте была открыта клетка?
- Дайте современное определение клетки.
- В чем сущность клеточной теории и кто ее авторы?
- С помощью каких приборов изучалась клетка в XIX, XX вв.?
- Какие формы жизни первыми появились на Земле?
- Почему фаги и вирусы называют предклеточными организмами?
- К каким формам жизни относят бактерии и синезеленые?
- Какие из одноклеточных организмов имеют обособленное ядро?

- Какие многоклеточные организмы считаются первичными в растительном и животном мире?
- Чем отличается колониальный организм от многоклеточного?
- Каковы последовательные этапы эволюции от пробионта до многоклеточных ядерных организмов?

Контрольная работа № 4

1. Какие из перечисленных положений составляют основу клеточной теории (все организмы состоят из клеток; все клетки образуются из клеток; все клетки возникают из неживой материи)?
2. Что представляет собой тело предклеточных организмов (ядро; цитоплазма; молекула ДНК или РНК, покрытая белковой оболочкой)?
3. Какие органеллы клетки являются общими для всех живых организмов, независимо от уровня их организации (митохондрии, аппарат Гольджи, рибосомы)?
4. Какие клеточные структуры встречаются только у бактерий (лизосомы, мезосомы, плазмиды)?
5. Кольцевая молекула ДНК — нуклеоид имеется (в клетках бактерий, синезеленых, в пластидах, в митохондриях, в ядре)?
6. Главные отличия клеток прокариот от эукариот (наличие ядерной оболочки, отсутствие ядерной оболочки, наличие ядрышка, отсутствие ядрышка, способ питания)?
7. Какой способ питания характерен для вирусов и бактериофагов (паразитный, сапрофитный)?
8. Какие организмы относят к клеточным предъядерным (бактерии, фаги, вирусы, синезеленые — цианобактерии)?
9. Какие организмы относят к одноклеточным ядерным (бактерии, амеба малярийная, хламидомонада, инфузория туфелька)?
10. Какие организмы являются многоклеточными (кишечнополостные, бурые водоросли, бактерии)?

Пояснения к табл. 16

Прокариоты (предъядерные, доядерные) составляют надцарство, включающее одно царство — дробянки, объединяющее подцарства архебактерии, бактерии и оксифотобактерии (отделы цианобактерии и хлороксибактерии).

Эукариоты (ядерные) также составляют надцарство. Оно объединяет царства грибы, животные, растения.

Некоторые систематики и доядерных, и ядерных опускают до уровня царств, в которых выделяют соответствующие отделы. Для абитуриентов эти систематические тонкости несущественны.

Таблица 16. Особенности строения прокариотической и эукариотической клетки

Признак	Прокариоты	Эукариоты
I. Особенности строения клетки		
Наличие ядра	Обособленного ядра нет	Морфологически обособленное ядро, отделенное от цитоплазмы двойной мембраной (оболочкой)
Число хромосом и их строение	У бактерий — одна кольцевая хромосома, прикрепленная к мезосоме — двухцепочечная ДНК не связанная с белками-гистонами. У цианобактерий — несколько хромосом в центре цитоплазмы	Определенное для каждого вида. Хромосомы линейные, двухцепочечная ДНК связана с белками-гистонами
Плазмиды*	Имеются	Имеются у митохондрий и пластид
Наличие ядрышек	Отсутствуют	Имеются
Организация генома	Имеется до 1,5 тыс. генов. Большинство генов представлены в единственной копии (за исключением нескольких генов, кодирующих синтез РНК)	В зависимости от вида — от 5 до 200 тыс. генов (у человека — около 40 тыс.). Доля генов, представленных в нескольких копиях, может достигать 45% (при этом число копий одного гена может достигать нескольких тысяч). Это повышает надежность работы генома

* *Плазмиды* — внехромосомные небольшие добавочные кольца ДНК, гены которых контролируют незначительную часть наследственных признаков бактериальной клетки. Находятся в цитоплазме (но при определенных условиях могут встраивать ся в хромосому, а затем из нее выделяться). Часто бывают способны к самостоятельной репликации (вне контроля генов хромосомы). Стабильно наследуются потомством. Широко используются в генной инженерии. К плазмидам часто относят генетический аппарат митохондрий и пластид, представленный кольцевой молекулой ДНК.

Продолжение табл. 16

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Рибосомы	Мельче, чем у эукариот, — 70S. Распределены по цитоплазме. Обычно свободные, но могут быть связаны с мембранными структурами. Составляют до 40% массы клетки	Крупные, 80S. Находятся в цитоплазме в свободном состоянии или связаны с мембранами эндоплазматического ретикулюма. В пластидах и митохондриях содержатся рибосомы 70S
Одномембранные замкнутые органеллы	Отсутствуют. Их функции выполняют выросты клеточной мембраны	Многочисленны: эндоплазматический ретикулюм, аппарат Гольджи, вакуоли, лизосомы и т. д.
Двухмембранные органеллы	Отсутствуют	Митохондрии — у всех эукариотов; пластиды — у растений
Клеточный центр	Отсутствует	Имеется в клетках животных, грибов; у растений — в клетках водорослей и мхов
Мезосома**	Имеется у бактерий. Участвует в делении клетки и в метаболизме	Отсутствует
Клеточная стенка	У бактерий содержит муреин, у цианобактерий — целлюлозу, пектиновые вещества, немного муреина	У растений — целлюлозная, у грибов — хитиновая, у животных клеток клеточной стенки нет
Капсула или слизистый слой	Имеется у некоторых бактерий	Отсутствует

** *Мезосома* — впячивание плазматической мембраны в цитоплазму прокариотической клетки. Многослойная мембранная система, контактирующая с кольцевой хромосомой и принимающая участие в ее делении. Удвоение мезосомы происходит одновременно с удвоением кольцевой молекулы ДНК. Кроме того, эта структура участвует в фотосинтезе и аэробном дыхании бактерий.

Окончание табл. 16

Признак	Прокариоты	Эукариоты
Жгутики	Простого строения, не содержат микротрубочек. Диаметр 20 нм	Сложного строения, содержат микротрубочки (подобные микротрубочкам центриолей) Диаметр 200 нм
Размер клеток	Диаметр 0,5–5 мкм	Диаметр обычно до 50 мкм. Объем может превышать объем прокариотической клетки более чем в тысячу раз
II. Особенности жизнедеятельности клетки		
Движение цитоплазмы	Отсутствует	Наблюдается часто
Аэробное клеточное дыхание	У бактерий — в мезосомах; у цианобактерий — на цитоплазматических мембранах	Происходит в митохондриях
Фотосинтез	Хлоропластов нет. Происходит на мембранах, не имеющих специфической формы	В хлоропластах, содержащих специальные мембраны, собранные в граны
Фагоцитоз и пиноцитоз	Отсутствует (невозможен из-за наличия жесткой клеточной стенки)	Свойствен клеткам животных, у грибов и растений отсутствует
Спорообразование	Часть представителей способна образовывать споры из клетки. Они предназначены только для перенесения неблагоприятных условий среды, поскольку имеют толстую стенку	Спорообразование свойственно растениям и грибам. Споры предназначены для размножения
Способы деления клетки	Равновеликое бинарное поперечное деление, редко — почкование (почкующиеся бактерии). Митоз и мейоз отсутствуют	Митоз, мейоз, амитоз

Клетка (лат. «целлюла» и греч. «цитос») — элементарная живая система, основная структурная единица растительных и животных организмов, способная к самовозобновлению, саморегуляции и самовоспроизведению. Открыта английским ученым Р. Гуком в 1665 г., им же предложен этот термин. Клетка эукариот представлена двумя системами — цитоплазмой и ядром (рис. 1,2). Цитоплазма состоит из различных органелл, которые можно классифицировать на: двухмембранные — митохондрии и пластиды; одномембранные — эндоплазматическая сеть (ЭПС), аппарат Гольджи, плазмалемма, тонопласт, сферосомы, лизосомы; немембранные — рибосомы, центросомы, гиалоплазма. Ядро состоит из ядерной оболочки (двухмембранной) и немембранных структур — хромосом, ядрышка и ядерного сока. Кроме того, в клетках имеются различные включения.

Клеточная теория — одно из величайших научных обобщений XIX в. Создатель этой теории — немецкий ученый Т. Шванн, который, опираясь на работы М. Шлейдена, Л. Окена, в 1838–1839 гг. сформулировал следующие положения: все организмы растений и животных состоят из клеток; каждая клетка функционирует независимо от других, но вместе со всеми; все клетки возникают из бесструктурного вещества неживой материи. Позднее Р. Вирхов (1858) внес существенное уточнение в последнее положение теории: все клетки возникают только из клеток путем их деления.

Современная клеточная теория содержит следующие положения:

1. Клеточная организация возникла на заре жизни и прошла длительный путь эволюции от безъядерных (прокариот) к ядерным (эукариотам), от предклеточных организмов к одно- и многоклеточным.

2. Новые клетки образуются путем деления ранее существовавших.

3. Клетка является микроскопической живой системой, состоящей из цитоплазмы и ядра, окруженных мембраной (за исключением прокариот).

4. В клетке осуществляются: а) метаболизм — обмен веществ; б) обратимые физиологические процессы — дыхание, поступление и выделение веществ, раздражимость, движение; в) необратимые процессы — рост и развитие.

5. Клетка может быть самостоятельным организмом (прокариоты и простейшие, одноклеточные водоросли и грибы). Все многоклеточные организмы также состоят из клеток и их производ-

ных. Рост, развитие и размножение многоклеточного организма — следствие жизнедеятельности одной (зигота) или нескольких клеток (культура тканей).

ТЕМА. Химическая организация клетки

Содержание химических элементов в клетке. Вода и другие неорганические вещества, их роль в жизнедеятельности клетки. Органические вещества: липиды, АТФ, биополимеры (углеводы, белки, нуклеиновые кислоты), их роль в клетке. Ферменты, их роль в процессах жизнедеятельности. Самоудвоение ДНК.

Задание 6

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольные работы № 5–7.
- Поанализировать таблицы 17–31.
- По терминологическому словарю проверить свои знания.

Вопросы для самоконтроля (неорганические и органические вещества)

- Какие химические элементы входят в состав клетки?
- Какие неорганические вещества входят в состав клетки?
- Каково значение воды для жизнедеятельности клетки?
- Какие соли входят в состав клетки?
- Каково значение для клетки солей азота, фосфора, калия, натрия?
- В чем разница между органическими и неорганическими веществами?
- Какие органические вещества входят в состав клетки?
- Что такое мономеры и полимеры?
- Почему белковую молекулу называют полимером?
- Чем характеризуется первичная, вторичная, третичная и четвертичная структуры белка?
- Что такое денатурация белка?
- Какие функции белков вам известны?
- Сколько видов аминокислот входит в состав белков?
- Чем обусловлено многообразие белков?
- Каковы функции жиров в клетке и в организме?
- Где в клетке расщепляются жиры?
- Каковы последовательные этапы расщепления жиров до конечных продуктов?
- Почему жиры являются наиболее эффективным источником энергии в клетке?

- У каких организмов и в каких органеллах синтезируются углеводы?
- Какие запасные углеводы имеются в растительных и животных клетках?
- Какие функции выполняют углеводы в клетке и в организме?
- Где синтезируется АТФ в клетке?
- При каком процессе освобождается энергия?
- Каково строение АМФ, АДФ, АТФ?
- Каково значение АТФ в жизнедеятельности клетки?

Контрольная работа № 5 (неорганические вещества)

1. Какие химические элементы, содержащиеся в клетке, являются органогенами (O, C, H, N, Fe, K, S, Zn, Cu); какие — макроэлементами (O, C, H, N, P, S, Na, Cl, K, Ca, Fe, Mg, Zn); какие — микроэлементами (O, C, H, N, P, Cl, Mg, Zn, Na, Cu, I, Br, Ni, Ag)?

2. Какие химические элементы преобладают в живой природе (O, Si, Fe, H, C, N, Al, Mg); какие — в неживой (O, Si, Fe, H, C, N, Al, Mg)?

3. Какая группа химических элементов составляет 98% от сырой массы клетки (органогены, макроэлементы, микроэлементы); 1,9% (органогены, макроэлементы, микроэлементы); 0,1% (органогены, макроэлементы, микроэлементы)?

4. Какую долю в среднем составляют в клетке: вода (80, 20, 1%); белки (80, 20, 1%); неорганические вещества (80, 20, 1%)?

5. Какую роль в жизнедеятельности клетки играют соединения азота (входят в состав ДНК, РНК, АТФ, аминокислот, белков, углеводов)?

6. Какую роль в клетке играет фосфорная кислота (входит в состав ДНК, РНК, АТФ, аминокислот, белков, углеводов)?

7. Каково значение калия в жизнедеятельности клетки (способствует перемещению веществ через мембрану, активизирует обмен веществ, участвует в проведении возбуждений и импульсов)?

8. В состав какого жизненно важного соединения входят железо (хлорофилл, гемоглобин, ДНК, РНК); магний (хлорофилл, гемоглобин, ДНК, РНК)?

9. Какое химическое соединение играет большую роль в поддержании осмотического давления в клетке (белок, АТФ, $NaCl$, жир)?

10. Каково значение воды для жизнедеятельности клетки (среда для химических реакций, растворитель, источник кислорода

при фотосинтезе, химический реагент, источник кислорода при диссимиляции)?

Контрольная работа № 6 (органические вещества)

Липиды (жиры)

1. К каким соединениям по отношению к воде относятся липиды (гидрофильные, гидрофобные)?
2. В каких растворителях жиры растворимы (вода, спирт, эфир, бензин)?
3. Каков химический состав молекулы жира (аминокислоты, жирные кислоты, глицерин, глюкоза)?
4. Где в клетках синтезируются жиры (рибосомы, пластиды, эндоплазматическая сеть — ЭПС)?
5. В каких структурах клетки находятся липиды (мембраны, строма пластиды, вакуоли)?
6. Какова роль липидного слоя в функционировании биологических мембран (избирательная проницаемость, непроницаемость, полная проницаемость)?
7. Какие функции в клетке выполняют липиды (структурная, энергетическая, транспортная, информационная)?
8. Какое значение для организма имеют жиры: у растений (структура мембран, источник энергии, теплорегуляция); у животных (структура мембран, источник энергии, теплорегуляция, источник воды)?
9. Сколько энергии освобождается при расщеплении 1 г жира (17,6 кДж, 38,9 кДж)?

АТФ

1. Какова структура молекулы АТФ (биополимер, нуклеотид, мономер)?
2. Какие соединения входят в состав АТФ (азотистое основание аденин, углевод рибоза, три молекулы фосфорной кислоты, глицерин, аминокислота)?
3. В каких органеллах синтезируется АТФ: в растительной клетке (рибосомы, митохондрии, хлоропласты), в животной клетке (рибосомы, митохондрии, хлоропласты)?
4. В результате какого процесса, происходящего в митохондриях, синтезируется АТФ (фотосинтез, дыхание, биосинтез белков)?

5. С каким процессом связан синтез АТФ в хлоропластах (световая фаза фотосинтеза, темновая фаза фотосинтеза, биосинтез белков)?
6. Что служит источником энергии при синтезе АТФ в митохондриях (органические соединения, теплота, свет), в хлоропластах (органические соединения, теплота, свет)?
7. Где происходит синтез АТФ в митохондриях (на наружной мембране, на кристах), расщепление АТФ (на наружной мембране, на кристах, в цитоплазме)?
8. Сколько энергии заключено в АТФ (40, 80, 0 кДж), АДФ (40, 80, 0 кДж), АМФ (40, 80, 0 кДж)?

Углеводы

1. В результате какого процесса органические вещества образуются из неорганических (биосинтез белка, фотосинтез, синтез АТФ)?
2. Что продуцируется в результате фотосинтеза (белки, жиры, углеводы)?
3. Из каких неорганических соединений синтезируются углеводы (CO_2, H_2O, O_2)?
4. Какое соединение является мономером крахмала ($C_6H_{12}O_6$, $C_5H_{10}O_5$)?
5. Какие углеводы относятся к моносахаридам (сахароза, глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, дезоксирибоза, целлюлоза)?
6. Какие из углеводов нерастворимы в воде (глюкоза, фруктоза, рибоза, дезоксирибоза, целлюлоза, крахмал)?
7. Какие углеводы относятся к полимерам (моносахариды, дисахариды, полисахариды)?
8. Какие полисахариды характерны для растительной клетки (целлюлоза, крахмал, гликоген, хитин), для животной клетки (целлюлоза, крахмал, гликоген, хитин)?
9. В каких структурах растительной клетки накапливаются крахмал (митохондрии, хлоропласты, лейкопласты, вакуоли), сахароза (лейкопласты, вакуоли)?
10. Какова роль углеводов в растительной клетке (строительная, энергетическая, транспортная, компонент нуклеотидов); в животной клетке (строительная, транспортная, энергетическая, компонент нуклеотидов)?
11. Сколько энергии выделяется при расщеплении 1 г углеводов (17,6 кДж, 38,9 кДж)?

Белки

1. Какие соединения являются мономерами молекул белка (глюкоза, глицерин, жирные кислоты, аминокислоты)?

2. Сколько из известных аминокислот участвуют в синтезе белков (20, 23, 100)?

3. Какая часть молекул аминокислот отличает их друг от друга (радикал, аминогруппа, карбоксильная группа); что является общим для всех аминокислот (радикал, аминогруппа, карбоксильная группа)?

4. Посредством какой химической связи соединены между собой аминокислоты в молекуле белка первичной структуры (дисульфидная, пептидная, водородная)?

5. В каких органеллах клетки синтезируются белки (хлоропласты, рибосомы, митохондрии, ЭПС)?

6. Где находятся рибосомы (хлоропласты, митохондрии, мембраны ЭПС, матрикс цитоплазмы)?

7. Для какой структуры молекулы белка характерно образование глобулы (первичная, вторичная, третичная, четвертичная)?

8. Какие структуры молекул белка способны нарушаться при денатурации, а затем вновь восстанавливаться (первичная, вторичная, третичная, четвертичная)?

9. Какая структурная единица ответственна за синтез определенной молекулы белка (молекула ДНК, нуклеотид, триплет, ген)?

10. Сколько энергии освобождается при расщеплении 1 г белка (17,6 кДж, 38,9 кДж)?

11. Каковы отличия ферментов от других белков (являются катализаторами химических реакций, включают в свой состав витамины, атомы металлов; синтезируются на рибосомах)?

12. Каковы главнейшие функции белков (строительная, каталитическая, двигательная, транспортная, защитная, энергетическая)?

Вопросы для самоконтроля
(нуклеиновые кислоты)

- Что означает название «нуклеиновые кислоты»?
- Какие кислоты относят к нуклеиновым?
- Где в клетке находится ДНК?
- Каково строение хромосомы?
- Что такое нуклеопротеид?
- Кто и когда создал модель молекулы ДНК и какова общая конфигурация молекулы ДНК?
- Что такое нуклеотид и из каких химических компонентов он состоит?

- Как связаны между собой нуклеотиды?
- В какой период митотического (клеточного) цикла происходит самоудвоение (редупликация) молекулы ДНК?
- В чем заключается процесс синтеза ДНК?
- Как называют участок молекулы ДНК, несущий информацию о синтезе одного белка?
- Что такое ген?
- Чем отличается строение молекул РНК и ДНК?
- Чем отличаются нуклеотиды РНК и ДНК?
- Какие виды РНК имеются в клетке?
- Способна ли РНК к самоудвоению у эукариот?
- Где происходит сборка молекул РНК?
- В какие периоды митотического (клеточного) цикла на ДНК идет синтез РНК?
- Как регулируется процесс синтеза ДНК и РНК?

Контрольная работа № 7

1. Какова функция нуклеиновых кислот в клетке (хранение и передача наследственных свойств, контроль за синтезом белка, регуляция биохимических процессов, деление клеток)?
2. Что представляет собой мономер нуклеиновых кислот (аминокислота, нуклеотид, молекула белка)?
3. Что входит в состав нуклеотида (аминокислота, азотистое основание, остаток фосфорной кислоты, углевод)?
4. К каким веществам относится рибоза (белок, жир, углевод)?
5. Какие вещества входят в состав нуклеотидов ДНК (аденин, гуанин, цитозин, урацил, тимин, фосфорная кислота, рибоза, дезоксирибоза)?
6. Какую спираль представляет собой молекула ДНК (одинарная, двойная)?
7. Чему соответствует информация одного триплета ДНК (аминокислота, белок, ген)?
8. С какой из структур ядра связано образование всех видов РНК (ядерная оболочка, ядрышко, хромосомы, ядерный сок)?
9. Какая из структур ядра содержит информацию о синтезе одного белка (молекула ДНК, ген, нуклеотид, триплет нуклеотидов)?
10. Когда происходит самоудвоение молекулы ДНК (интерфаза, профаза, метафаза)?
11. Какая из нуклеиновых кислот имеет наибольшую длину и молекулярную массу (ДНК, РНК)?

Таблица 17. Химические вещества клетки

Неорганические	Содержание, %	Органические	Содержание, %
Вода	70–80	Белки	10–20
Минеральные вещества	1,0–1,5	Жиры	1–5
		Углеводы	0,2–2,0
		Нуклеиновые кислоты	1,0–2,0
		АТФ и другие низкомолекулярные органические кислоты	0,1–0,5

Таблица 18. Содержание химических элементов в клетке, %*

Органогены	Макроэлементы	Микроэлементы
Кислород 65–75	Магний 0,02–0,03	Цинк 0,0003
Углерод 15–18	Натрий 0,02–0,03	Медь 0,0002
Водород 8–10	Кальций 0,04–2,00	Йод 0,0001
Азот 1–3	Железо 0,01–0,02	Фтор 0,0001
	Калий 0,15–0,40	
	Сера 0,15–0,20	Марганец } 0,001—0,000001
	Фосфор 0,20–1,00	Бор } 0,001—0,000001
	Хлор 0,05–0,10	Молибден (следовые концентрации)
		Кобальт (следовые концентрации)

* В литературе можно встретить иной принцип классификации элементов, входящих в состав клетки. Элементы, количество которых составляет от 10 до 0,001% от массы тела, называют макроэлементами, а те, на долю которых приходится менее 0,001%, — микроэлементами. Кроме того, среди макроэлементов могут еще выделять «основные элементы», а из группы микроэлементов выделять «ультрамикроэлементы», встречающиеся в живых организмах в следовых концентрациях.

Таблица 19. Роль макроэлементов на клеточном и организменном уровне организации

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Магний (Mg)	Кофактор многих ферментов, участвующих в энергетическом обмене и синтезе ДНК	Входит в состав молекулы хлорофилла; ион Mg^{2+} наряду с Ca^{2+} образует соли с пектиновыми веществами	Входит в состав ферментов, необходимых для функционирования мышечной, нервной и костной тканей
Натрий (Na)	Участвует в создании и поддержании биоэлектрического потенциала на мембране (в результате работы натриевого и калий-натриевого насосов)	Ионы Na^{+} участвуют в поддержании осмотического потенциала клеток, что обеспечивает поглощение воды из почвы	Ионы Na^{+} влияют на работу почек; участвуют в поддержании сердечного ритма (вместе с ионами K^{+} и Ca^{2+}); вместе с ионами хлора Cl^{-} составляют большую часть минеральных веществ крови; участвуют в регулировании кислотно-щелочного равновесия организма, входя в состав буферной системы организма
Кальций (Ca)	Ионы Ca^{2+} участвуют в регуляции избирательной проницаемости клеточной мембраны; участвуют в процессах соединения ДНК с белками	Ионы Ca^{2+}, образуя соли пектиновых веществ, придают твердость межклеточному веществу, соединяющему растительные клетки;	Нерастворимые соли кальция входят в состав костей позвоночных, раковин моллюсков, коралловых полипов

Продолжение табл. 19

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Кальций (Ca)		участвуют в формировании срединной пластинки между клетками	Ионы Ca^{2+} участвуют в образовании желчи; повышают рефлекторную возбудимость спинного мозга и центра слюноотделения; участвуют в синаптической передаче нервного импульса; в процессах свертывания крови; активируют ферменты при сокращении поперечнополосатых мышечных волокон
Железо (Fe)	Входит в состав цитохромов-ферментов — переносчиков электронов на III этапе диссимиляции и в световой фазе фотосинтеза	Участвует в биосинтезе хлорофилла; входит в состав ферментов, участвующих в дыхании; в составе цитохромов — переносчиков электронов в ходе фотосинтеза	Входит в состав гема белка — переносчика кислорода — гемоглобина и белка, содержащего запас кислорода в мышцах — миоглобина. (Небольшой запас находится в железосодержащем белке ферритине в печени и селезенке.)
Калий (K)	Участвует в поддержании коллоидных свойств цитоплазмы;	Участвует в регуляции водного режима;	Участвует в поддержании сердечного ритма (вместе с натрием и кальцием);

Продолжение табл. 19

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Калий (K)	участвует в создании и поддержании биоэлектрического потенциала на мембране (в результате работы натрий-калиевого насоса); активирует ферменты, участвующие в синтезе белка; входит в состав ферментов, участвующих в гликолизе	входит в состав ферментов, участвующих в фотосинтезе. (Обычный компонент клеточного сока в вакуолях растительных клеток, содержится в виде ионов K^+.)	участвует в проведении нервного импульса
Сера (S)	Входит в состав серосодержащих аминокислот (цистина, цистеина, метионина); участвует в формировании третичной структуры белка (образование дисульфидных мостиков); входит в состав кофермента А и некоторых ферментов; участвует в бактериальном фотосинтезе (сера входит в состав бактериохлорофилла, сероводород H_2S является источником водорода); окислительно-восстановительные реакции соединений серы являются источником энергии в хемосинтезе	В основном предопределяется ролью этого элемента в клетке	В основном предопределяется ролью этого элемента в клетке. Кроме того, входит в состав инсулина, витамина B_1, биотина

Окончание табл. 19

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Фосфор (P)	В виде остатков фосфорной кислоты входит в состав АТФ, нуклеотидов, ДНК, РНК, коферментов НАД, НАДФ, ФАД, фосфорилированных сахаров, фосфолипидов, многих ферментов; входит в состав всех мембранных структур	В основном предопределяется ролью этого элемента в клетке	В виде фосфатов входит в состав костной ткани, зубной эмали; у млекопитающих фосфатная буферная система, в состав которой входят анионы $H_2PO_4^-$ и HPO_4^{2-} (вместе с бикарбонатной буферной системой), поддерживает pH тканевой жидкости в интервале 6,9–7,4
Хлор (Cl)	Анионы Cl^- (вместе с различными катионами) поддерживают электронейтральность клетки	Анионы Cl^- участвуют в регуляции тургорного давления	Анионы Cl^- вместе с катионами натрия Na^+ участвуют в формировании осмотического потенциала плазмы крови; участвуют в процессах возбуждения и торможения в нервных клетках; входят в состав соляной кислоты, являющейся компонентом желудочного сока

Таблица 20. Роль микроэлементов в жизни клетки, растительного и животного организмов*

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Цинк (Zn)	Входит в состав ферментов, участвующих в спиртовом брожении	Входит в состав ферментов, активизирующих расщепление угольной кислоты и ферментов, участвующих в синтезе растительных гормонов — ауксинов	Входит в состав фермента, участвующего в транспорте углекислого газа в крови позвоночных; фермента, гидролизующего пептидные связи при переваривании белков; входит в состав ферментов, необходимых для нормального роста
Медь (Cu)	Входит в состав окислительных ферментов, участвует в синтезе цитохромов (ферментов — переносчиков электронов)	Входит в состав ферментов, участвующих в темновых реакциях фотосинтеза	Участвует в кроветворении, синтезе гемоглобина; у беспозвоночных входит в состав белков — переносчиков кислорода — гемоцианинов; у человека входит в состав фермента, участвующего в синтезе меланина (пигмента кожи)
Йод (I)			У позвоночных животных входит в состав гормона щитовидной железы — тироксина

* Как видно из таблицы, роль микроэлементов в основном заключается в том, что они входят в состав различных ферментов.

Продолжение табл. 20

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Фтор (F)			В виде нерастворимых кальциевых солей входит в состав костей и ткани зубов
Марганец (Mn)	Входит в состав ферментов, участвующих в дыхании, окислении жирных кислот, повышает активность фермента карбоксилазы	Входит в состав ферментов, участвующих в темновых реакциях фотосинтеза и в восстановлении нитратов	Входит в состав фосфатаз — ферментов, необходимых для роста костей
Бор (B)		Влияет на ростовые процессы. Недостаток приводит к отмиранию верхушечных почек, цветков, завязей, проводящих тканей	
Молибден (Mo)	Входит в состав ферментов, участвующих в фиксации азота (у азотфиксирующих бактерий)	Входит в состав ферментов, регулирующих работу устьичного аппарата, и ферментов, участвующих в синтезе аминокислот	
Бром (Br)	Входит в состав витамина B_1 — составной части фермента, участвующего в расщеплении пировиноградной кислоты у животных, растений и микроорганизмов	В основном предопределяется ролью этого элемента в клетке	

Окончание табл. 20

Элемент	Роль в клетке	Роль в организме	
		растительном	животном
Кобальт (Со)			Входит в состав витамина B_{12}. (В желудке всасывается в составе кобаламина и принимает участие в синтезе гемоглобина. Недостаток Со приводит к кобальтдефицитной анемии.)

Таблица 21. Физические свойства воды и их значение для биологических процессов различных уровней

Физическое свойство	Значение	Примеры
Сочетание высокой теплоемкости (благодаря наличию водородных связей между молекулами) и высокой теплопроводности (из-за небольших размеров самих молекул)	1. Идеальная жидкость для поддержания теплового равновесия организма — большое количество воды в клетках придает организму термостабильность и, кроме того, указанные физические свойства дают возможность значительно охладиться при минимальной потере воды	Транспирация у растений, потоотделение у млекопитающих
	2. Круговорот воды в природе является одним из элементов формирования погоды в данное время, а также климата в целом.	Периодическое выпадение осадков. Исторически сложившиеся условия увлажнения в различных природных зонах

Продолжение табл. 21

Физическое свойство	Значение	Примеры
Прозрачность в видимом участке спектра	Возможность фотосинтеза на небольшой глубине и, следовательно, возможность существования связанных с ним пищевых цепей	Высокопродуктивные биоценозы прудов, озер, рек, морского шельфа
Практически полная несжимаемость (благодаря силам межмолекулярного сцепления)	Поддержание формы организмов	Тургорное давление придает форму сочным органам и тканям растений, у травянистых растений обеспечивает положение в пространстве; гидростатический скелет (круглые черви, медузы); амниотическая жидкость поддерживает и защищает плод млекопитающих
Подвижность молекул (вследствие слабости водородных связей)	Возможность осмоса	Поступление воды из почвы; плазмолиз
Вязкость (благодаря наличию водородных связей)	Смазывающие свойства	Синовиальная жидкость является «смазкой» в суставах позвоночных; плевральная жидкость уменьшает трение между грудной клеткой и легкими во время дыхания
Хороший растворитель (благодаря полярности молекул)	Самый распространенный в природе растворитель (в воде растворяется большинство веществ, необходимых организмам), среда протекания многих химических реакций в организме	Кровь, тканевая жидкость, лимфа, желудочный сок, слюна — у животных; клеточный сок (водный раствор белков, сахаридов, органических кислот, пигментов и др.) — у растений; организмы, живущие в водной среде, используют кислород, растворенный в воде

Окончание табл. 21

Физическое свойство	Значение	Примеры
Способность образовывать гидратационную оболочку вокруг макромолекул (благодаря полярности молекул)	Является дисперсионной средой в коллоидной системе цитоплазмы	Гиалоплазма представляет собой коллоидный раствор белков, в котором макромолекулы белков окружены «чехлом» из определенным образом ориентированных молекул воды
Оптимальное для биологических систем значение силы поверхностного натяжения (определяемого силами межмолекулярного сцепления)	Водные растворы являются средством передвижения веществ в организме	Капиллярный кровоток; восходящий и нисходящий токи растворов в растении
Расширение при замерзании (благодаря образованию каждой молекулой максимального числа — четырех — водородных связей)	Лед легче воды, он образуется на поверхности водоемов и выполняет функцию теплоизоляции — защищает от холода находящиеся в воде организмы	Сохранение зимой биоценозов замерзающих озер, прудов и рек

Таблица 22. Метаболические функции воды

Метаболическая функция	Примеры
Участие в реакциях гидролиза	1) I этап диссимиляции гидролиз биополимеров до мономеров: *Белки + вода = аминокислоты* *Крахмал + вода = глюкоза* гидролиз жиров: *Жир + вода = глицерин + жирные кислоты* 2) Высвобождение энергии АТФ *АТФ* + H_2O = *АДФ* + H_3PO_4 + *E* (40 кДж)

Окончание табл. 22

Метаболическая функция	Примеры
Донор электронов	Фотолиз воды внутри тилакоидов хлоропластов в ходе световой фазы фотосинтеза
Источник атомарного водорода	Восстановление продуктов ассимиляции в ходе темновой фазы фотосинтеза
Источник протонов для работы протонных насосов	1) Синтез АТФ в митохондриях на III этапе диссимиляции 2) Синтез АТФ в хлоропластах

Таблица 23. Сравнение классов углеводов

Признак	Моносахарид (греч. «моно» — один)	Олигосахариды (греч. «олиго» — немного)	Полисахариды (греч. «поли» — много)
Состав	Одна молекула, в состав которой входят углерод, кислород, водород; часто в соотношении $C_n(H_2O)_n$	Определенное количество (небольшое, обычно 2–10) остатков молекул моносахаридов, соединенных ковалентными связями	Неопределенно большое (до нескольких сотен или тысяч) остатков молекул моносахаридов, соединенных ковалентными связями
Пути образования в организмах	1. У растений — в ходе фотосинтеза в результате фиксации из воздуха углекислого газа 2. В результате гидролиза олиго- и полисахаридов 3. В ходе метаболизма различных веществ, в т. ч. и других моносахаридов	В результате ферментативной полимеризации моносахаридов или ферментативного гидролиза полисахаридов	В результате ферментативной полимеризации моно- и олигосахаридов

Окончание табл. 23

Признак	**Моносахарид (греч. «моно» — один)**	**Олигосахариды (греч. «олиго» — немного)**	**Полисахариды (греч. «поли» — много)**
Продукт гидролиза	Не гидролизуются	Моносахариды	Моносахариды (часто через промежуточные олигосахариды)
Молекулярная масса	Определенная		Неопределенная
Растворимость в воде	В основном растворимы		Нерастворимы или образуют коллоидные растворы
Вкус	Многие имеют сладкий вкус		Не имеют сладкого вкуса
Признаки классификации	По числу атомов углерода, входящих в состав молекулы	По числу остатков моносахаридов, входящих в состав молекулы	Различным образом, например: по продуктам гидролиза; по особенностям химических связей между остатками моно- и олигосахаридов, входящих в их состав

Таблица 24. Наиболее распространенные углеводы

Класс, группа	**Название**	**Состав**	**Распространение, биологическая роль**
Класс моносахариды. Группа триозы	Глицериновый альдегид	$H-C(=O)-CH(OH)-CH_2OH$ ($C_3H_6O_3$)	Производное глицеринового альдегида — фосфоглицериновый альдегид образуется в ходе темновой фазы фотосинтеза. Затем в хлоропластах превращается в глюкозу

Продолжение табл. 24

Класс, группа	Название	Состав	Распространение, биологическая роль
Класс моносахариды. Группа пентозы	Рибоза	H–C(=O)–; H–C–OH; H–C–OH; H–C–OH; CH_2OH ($C_5H_{10}O_5$)	1. Входит в состав РНК, АТФ. 2. Входит в состав акцепторов водорода — ФАД, НАД, НАДФ. 3. Входит в состав витаминов группы В, ряда гликозидов, ферментов. 4. Фосфорный эфир рибозы является важнейшим звеном в синтезе нуклеотидов и нуклеиновых кислот
	Дезоксирибоза	H–C(=O)–; H–C–H; H–C–OH; H–C–OH; CH_2OH ($C_5H_{10}O_4$)	Входит в состав ДНК
	Рибулоза	CH_2OH; C=O; H–C–OH; H–C–OH; CH_2OH ($C_5H_{10}O_5$)	В свободном состоянии в живых организмах не встречается. 1. Ее фосфорный эфир — рибулозодифосфат — является непосредственным акцептором углекислого газа в темновой фазе фотосинтеза. 2. Другие ее фосфорные эфиры являются промежуточными продуктами обмена углеводов

Продолжение табл. 24

Класс, группа	Название	Состав	Распространение, биологическая роль
Класс моносахариды. Группа гексозы	Глюкоза	H O \ // C | H—C—OH | HO—C—H | H—C—OH | H—C—OH | CH_2OH $(C_6H_{12}O_6)$	1. Наиболее распространенный субстрат клеточного дыхания (т. е. источник энергии). 2. Мономер полисахаридов: крахмала, гликогена, клетчатки (целлюлозы), гемицеллюлоз. 3. Входит в состав многих гликозидов (синигрина, соланинов). В свободном состоянии содержится в тканях растений, животных, человека. Резервные полисахариды (крахмал, гликоген) перед тем, как быть использованным организмом для получения энергии, гидролизуются до глюкозы
	Фруктоза	CH_2OH | H—C—OH | HO—C—H | H—C—OH | H—C—OH | CH_2OH $(C_6H_{12}O_6)$	1. Фосфорный эфир — фруктозо-1,6-дифосфат — является промежуточным продуктом при образовании глюкозы в темновой фазе фотосинтеза. 2. В виде фосфорных эфиров участвует в превращениях крахмала, гликогена, в процессах дыхания и спиртового брожения. 3. Входит в состав сахарозы. 4. Входит в состав олигосахаридов, полисахаридов (инулина, полисахаридов бактерий) и других биологически важных соединений. В свободном виде содержится в растениях

Продолжение табл. 24

Класс, группа	**Название**	**Состав**	**Распространение, биологическая роль**
Класс моносахариды. Группа гексозы	Галактоза	H–C(=O) H–C–OH HO–C–H HO–C–H H–C–OH CH_2OH ($C_6H_{12}O_6$)	1. Входит в состав некоторых дисахаридов (например, лактозы) и трисахарида рафинозы. 2. Входит в состав многих полисахаридов: агар-агара, слизей, гемицеллюлоз
Класс олигосахариды. Группа дисахариды	Сахароза (тростниковый сахар, свекловичный сахар)	Глюкоза + фруктоза	Встречается только в растениях (во всех органах), где является основным транспортируемым веществом. Играет огромную роль в питании человека: сахарный песок, сахар-рафинад почти на 99% состоят из сахарозы
	Мальтоза (солодовый сахар)	Глюкоза + глюкоза	1. Промежуточный продукт расщепления крахмала в ходе обмена веществ у растений и животных. 2. Основной источник энергии в прорастающих семенах и клубнях. Образуется в результате гидролиза крахмала
	Лактоза (молочный сахар)	Глюкоза + галактоза	Источник углеводов для детенышей млекопитающих, в т. ч. человека. Молоко содержит около 5% лактозы

Продолжение табл. 24

Класс, группа	Название	Состав	Распространение, биологическая роль
Класс полисахариды	Крахмал	Полимер α-глюкозы	Наиболее распространенный резервный полисахарид растительных клеток
	Гликоген	То же	Резервный полисахарид. Содержится в тканях животных и человека (в основном в печени и в мышцах), в грибах, бактериях, цианобактериях
	Целлюлоза	Полимер β-глюкозы	Главный структурный полисахарид растений — из него состоят клеточные стенки растительных клеток. В ней аккумулировано более 50% всего углерода биосферы
	Хитин	Полимер аминопроизводного α-глюкозы	Образует покровы тела членистоногих; является основным компонентом клеточной стенки грибов
Гетерополисахариды	Муреин	Гигантская молекула, состоящая из сети полисахаридных цепей, соединенных многочисленными короткими пептидными цепями	Образует муреиновый мешок — опору клеточной стенки бактерий. Защищает клетку от физических воздействий
	Гепарин	Линейная полисахаридная цепь, состоящая из остатков аминосахаров и кислот — производных сахаров (близок к мукополисахаридам)	Препятствует свертыванию крови

Продолжение табл. 24

Класс, группа	Название	Состав	Распространение, биологическая роль
Гетерополисахариды	Муцины	Слабоветвящаяся полисахаридная цепь, состоящая из остатков галактозы, ее производных и кислот — производных сахаров	Секретируется различными тканями организма. Образуют вязкие растворы (слюна, секреты кишечника и бронхов), которые выстилают полости дыхательного и пищеварительного трактов, защищают ткани от повреждений
	Гликокаликс	Ветвящиеся молекулы полисахаридов, связанные с мембранными белками	1. Углеводные компоненты гликокаликса являются маркерами, обеспечивающими «узнавание» клетками друг друга. Благодаря этому клетки одного типа удерживаются вместе, образуя ткани. 2. Эти углеводные компоненты являются рецепторами тканевой совместимости, совместимости яйцеклетки и сперматозоидов. 3. Углеводные компоненты обеспечивают рецепторную функцию поверхности клеток при фагоцитозе. 4. В гликокаликсе микроворсинок клеток кишечного эпителия адсорбируются гидролитические ферменты, что является базой пристеночного пищеварения
	Групповые вещества крови человека (A, B, 0)	Цепь олигосахарида (состоящая из остатков глюкозы, галактозы и ее производных), соединенная с белком	Находятся на поверхности эритроцитов и создают на ней отрицательный заряд. Таким образом, групповые вещества препятствуют агглютинации (склеиванию) эритроцитов. Именно олигосахаридная цепь придает специфичность эритроцитам каждой из четырех групп крови

Окончание табл. 24

Класс, группа	Название	Состав	Распространение, биологическая роль
Гетерополисахариды	Мукополисахариды	Линейная полисахаридная цепь, основными компонентами которой являются аминопроизводные глюкозы и галактозы, а также кислоты — производные сахаров	1. Некоторые из этих веществ даже в низких концентрациях образуют вязкие растворы, поэтому входят в состав лимфы а также синовиальной жидкости (где выполняют функцию смазки). 2. Другие входят в состав гликопротеидов, способных образовывать сетчатые структуры. Эти гликопротеиды составляют молекулярную основу межклеточного вещества соединительной ткани позвоночных (хрящевой и костной)

Таблица 25. Основные функции углеводов

Функция	Уровень организации	Примеры
Составная часть жизненно важных веществ клетки	Молекулярный	1. Входят в состав носителей генетической информации — нуклеиновых кислот: рибоза — в состав РНК, дезоксирибоза — в состав ДНК. 2. Рибоза входит в состав основного носителя энергии клетки — АТФ. 3. Рибоза входит в состав акцепторов водорода — ФАД, НАД и НАДФ
Участие в фиксации углерода	Клеточный	Пентоза рибулозодифосфат является непосредственным акцептором углекислого газа в темновой фазе фотосинтеза
Энергетическая	Клеточный	Глюкоза является одним из наиболее распространенных дыхательных субстратов, т. е. источников получения энергии. (Олиго- и полисахариды, перед тем как использоваться на энергетические нужды, гидролизуются до моносахаридов.)

Продолжение табл. 25

Функция	Уровень организации	Примеры
Резервная	Организменный	1. Крахмал является наиболее распространенным запасным веществом у растений. 2. Водорастворимые углеводы (сахароза, фруктоза, глюкоза) запасаются в клеточном соке растений. 3. У животных, грибов и прокариот (бактерий и цианобактерий) резервным полисахаридом является гликоген. 4. Редуценты и симбиотическая микрофлора кишечника используют целлюлозу, так как они имеют специфические ферменты, гидролизующие ее до глюкозы
Структурная	Клеточный	1. Целлюлоза составляет основную массу клеточных стенок бактерий и растительных клеток. 2. Хитин образует клеточные стенки грибов
	Тканевый	1. Углеводные компоненты гликокаликса обеспечивают «узнавание» клетками друг друга. Благодаря этому происходит ряд процессов: сперматозоиды опознают яйцеклетку своего биологического вида; клетки одного типа удерживаются вместе, образуя ткани; отторгаются несовместимые органы при трансплантации. 2. Углеводные компоненты придают специфичность групповым веществам крови (т. е. являются антигенами, по которым определяется группа крови человека в системе AB0 3. Гликокаликс микроворсинок кишечного эпителия является носителем ферментов пристеночного пищеварения. 4. Гепарин (производное полисахаридов) препятствует свертыванию крови. 5. Полисахариды, образующие вязкие растворы, входят в состав синовиальной жидкости и лимфы.

Продолжение табл. 25

Функция	Уровень организации	Примеры
Структурная	Тканевый	6. Гликопротеины, молекулы которых способны образовывать сетчатые структуры, составляют межклеточное вещество соединительной ткани, хряща и костей позвоночных. 7. Пектины (производные моносахаридов) в виде солей — пектатов входят в состав межклеточного вещества растений и придают ему прочность. 8. Полисахариды гемицеллюлозы склеивают растительные волокна
	Организменный	1. Хитин образует покровы тела (наружный скелет) членистоногих. 2. Муреин — производное полисахаридов — образует муреиновый мешок — опору клеточной стенки бактерий. 3. Тейхоевые кислоты — производные полисахаридов — в значительных количествах входят в состав клеточной стенки грамположительных бактерий.
Защитная	Тканевый	1. Углеводные компоненты гликокаликса являются рецепторами тканевой совместимости, а также выполняют рецепторную функцию при фагоцитозе. 2. Углеводные компоненты иммуноглобулинов запускают всю цепь иммунных реакций. 3. Вязкие растворы полисахаридов выстилают полости дыхательного и пищеварительного трактов и защищают от механических повреждений ткани и органы
	Организменный	1. Камеди (производные моносахаридов), выделяющиеся в местах повреждения стволов и ветвей, защищают деревья и кустарники от проникновения инфекции через раны. 2. Слизи (полисахариды) разбухают во влажной среде и тем самым защищают от пересыхания зародыши прорастающих семян.

Окончание табл. 25

Функция	Уровень организации	Примеры
Защитная	Организменный	3. Гликозиды (производные моносахаридов) защищают растения от поедания животными, так как имеют горький вкус или резкий запах. 4. Твердые клеточные стенки одноклеточных организмов или хитиновые покровы тела членистоногих защищают от неблагоприятных воздействий внешней среды

Схема 6. Классификация липидов

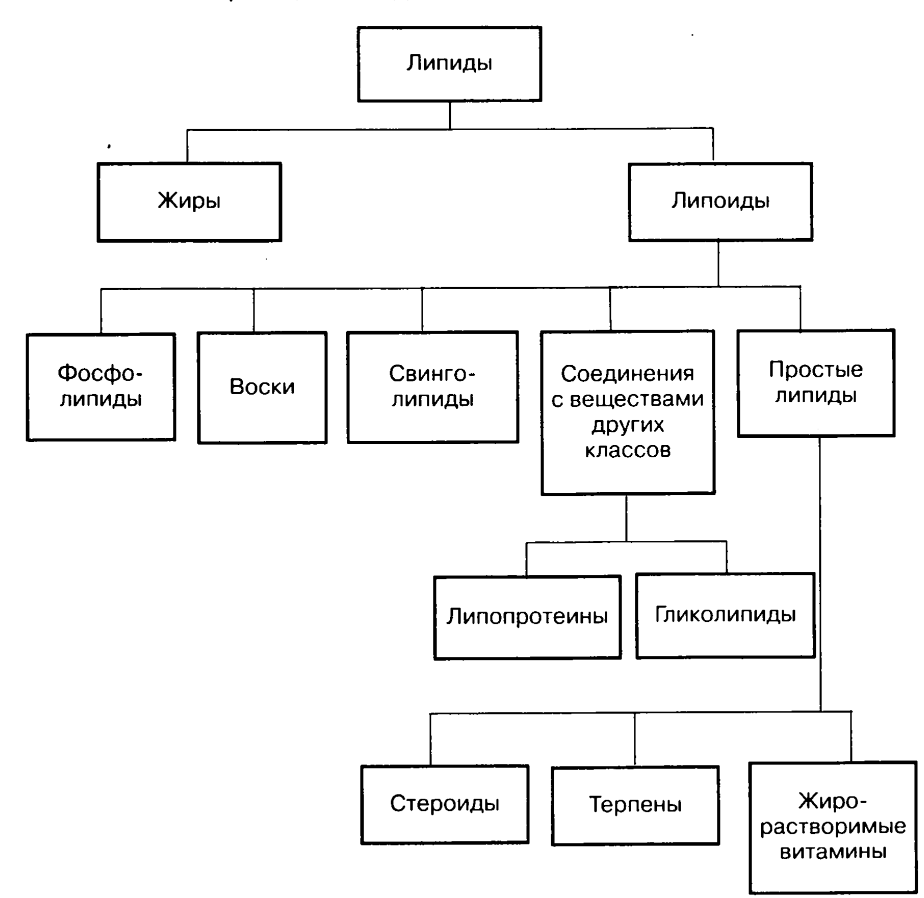


Таблица 26. Основные функции липидов

Функция	Уровень организации	Примеры
Энергетическая	Клеточный	Жиры — наилучший источник энергии: при окислении 1 г жира выделяется 38,9 кДж энергии (при окислении 1 г гликогена или крахмала — всего 17 кДж). У позвоночных примерно половина всей энергии, потребляемой в состоянии покоя, образуется за счет окисления жирных кислот, входящих в состав жиров
Резервная	Организменный	1. Источник энергии для синтеза АТФ: жиры являются основным запасным веществом у животных, масла (жидкие жиры) накапливаются в семенах и плодах некоторых растений (подсолнечник, соя, клещевина и др.) 2. Источник метаболической воды (т. е. образующейся в ходе обмена веществ): вода, образующаяся в ходе окисления жира, очень важна для обитателей пустыни. Поэтому жир в горбе верблюда служит в первую очередь источником воды
Структурная	Клеточный	1. Двойной слой фосфолипидов является основой клеточной мембраны. 2. Стероид холестерин входит в состав клеточных мембран животных клеток (например, производные холестерина составляют до 60% всех липидов эритроцитов млекопитающих). 3. В состав мембран клеток некоторых тканей входят также липопротеины и гликолипиды
	Тканевый и органный	1. Гликолипиды — производные сфингозина — участвуют в межклеточных контактах в тканях животных, являясь молекулярными рецепторами.

Продолжение табл. 26

Функция	Уровень организации	Примеры
Структурная	Тканевый и органный	2. Различные фосфолипиды необходимы для нормального функционирования нервной ткани и содержатся там в значительных количествах. 3. Сфинголипиды обеспечивают электрическую изоляцию поверхности аксона в миелинизированных нервных волокнах, создавая условия для быстрого прохождения импульса по перехватам Ранвье. 4. Желчные кислоты и их соли являются производными холестерина. 5. Липопротеины являются транспортной формой липидов в организме млекопитающих. 6. Зрительный пурпур глаза является липопротеином. 7. Пигменты каратиноиды, участвующие в фотосинтезе, являются терпенами
	Организменный	1. Большое количество жира уменьшает удельный вес морских животных (тюленей, моржей и др.) и птиц (у перелетных птиц запасы жира перед отлетом к местам зимовки могут составлять до 50% массы тела). 2. У млекопитающих, впадающих в спячку, и у грудных детей существует специальная жировая ткань — бурый жир, играющая роль биологического подогревателя. Энергия, выделяющаяся при окислении этого жира, не идет на синтез АТФ, а является только источником тепла. Бурый жир либо окружает жизненно важные органы (например, сердце), либо лежит на пути притекающей к ним крови. Таким образом, тепло, образующееся в буром жире, направляется к важнейшим органам (сердцу, головному мозгу). 3. Из воска пчелы строят соты

Окончание табл. 26

Функция	Уровень организации	Примеры
Защитная	Тканевый	Гликолипиды — производные сфингозина — участвуют в распознавании (рецепции) и связывании токсинов возбудителей опасных болезней — ботулизма, столбняка, холеры, дифтерии
	Организменный	1. Подкожный жир млекопитающих выполняет функцию термоизоляции и амортизации (т. е. защиты от механических повреждений). 2. Воски являются водоотталкивающими покрытиями: у растений — восковой налет на листьях, плодах, семенах; у животных воски входят в состав соединений, покрывающих кожу, шерсть, перья, входят в состав покровов тела членистоногих
Регуляторная	Организменный	1. Производными холестерина являются многие гормоны: половые (тестостерон у мужчин, прогестерон у женщин), адренокортикотропные (альдостерон, кортикостерон, кортизон). 2. Жирорастворимые витамины (A, D, E, K) необходимы для роста и развития организма. 3. Терпенами являются следующие вещества: душистые вещества растений, привлекающие насекомых-опылителей (ментол мяты, камфора); гиббереллины — регуляторы роста растений. 4. Сердечные гликозиды являются простыми липидами (стероидами)

Таблица 27. Образование структур (уровней пространственной организации) белков

Структура	Признаки структуры	Основные типы белков	
		Глобулярные	Фибриллярные
Первичная	Морфологические особенности структуры	Линейная последовательность аминокислот в полипептидной цепи (что в конечном счете предопределяет все другие структуры молекулы)	
	Связи и силы, участвующие в образовании структуры	Ковалентные пептидные связи. (Пептидная связь — это связь между остатком карбоксильной группы одной аминокислоты и остатком аминогруппы другой аминокислоты.)	
Вторичная	Морфологические особенности структуры	α-Спираль	β-Структура или спирали с параметрами, отличными от параметров спиралей глобулярных белков
	Связи и силы, участвующие в образовании структуры	Водородные связи между остатком карбоксильной группы одной аминокислоты и остатком аминогруппы другой аминокислоты, удаленной от первой на четыре аминокислотных остатка	В β-структуре — водородные связи между остатками карбоксильных и аминогрупп одной цепи и остатками одноименных групп другой цепи. В спиралях — аналогично α-спиралям, но расстояние между витками иное
Третичная	Морфологические особенности структуры	Глобула, образующаяся в результате компактной укладки α-спирали	β-Структуры, уложенные параллельными слоями, либо суперспираль — несколько спиралей, скрученных вместе (наподобие каната)

Окончание табл. 27

Структура	Признаки структуры	Основные типы белков	
		Глобулярные	Фибриллярные
Третичная	Связи и силы, участвующие в образовании структуры	Ионные, водородные, ковалентные (дисульфидные мостики), гидрофобные взаимодействия	Между β-структурами — в основном водородные. В суперспиралях — водородные и ковалентные (дисульфидные мостики)
Четвертичная	Морфологические особенности структуры	Агрегат из нескольких глобул. Свойственна лишь белкам с особо сложной структурой	Микрофибриллы, состоящие из соответствующих элементов третичной структуры
	Связи и силы, участвующие в образовании структуры	В основном силы межмолекулярного притяжения (в меньшей степени — водородные и ионные)	В основном силы межмолекулярного притяжения, а также ковалентные (у белков, обладающих особой механической прочностью), водородные и ионные

Таблица 28. Основные функции белков и пептидов

Функция	Уровень организации	Примеры
Структурная	Доклеточный	Составляет оболочки (капсиды) вирусов
	Клеточный	Обязательный компонент всех мембран клетки
	Тканевый и органный	1. Коллаген — компонент соединительной ткани (костной, ткани хрящей и сухожилий) и кожи.

Продолжение табл. 28

Функция	Уровень организации	Примеры
Структурная	Тканевый и органный	2. Кератин — компонент перьев, шерсти, волос, рогов, копыт, ногтей, когтей. 3. Эластин — эластичный компонент соединительной ткани связок, стенок кровеносных сосудов. 4. Мукопротеины — основа слизистых секретов
	Организменный	Склеротин входит в состав покровов тела (наружного скелета) насекомых
Транспортная	Клеточный	1. Участие в активном транспорте веществ через клеточные мембраны против градиента концентраций (Na—K—АТФаза обеспечивает работу Na—K насоса). 2. Белки-переносчики осуществляют облегченную диффузию веществ через клеточные мембраны. 3. Цитохромы осуществляют перемещение электронов в дыхательной цепи и фотосистемах
	Организменный	1. Гемоглобин переносит кислород и углекислый газ в крови позвоночных. 2. Гемоцианин переносит кислород и углекислый газ в крови многих беспозвоночных. 3. Сывороточный альбумин переносит жирные кислоты. 4. Различные глобулины переносят ионы металлов и гормоны
Двигательная	Клеточный	1. Тубулины микротрубочек обеспечивают работу веретена деления клетки. 2. Флагеллин обеспечивает движение жгутиков прокариот
	Организменный	Актин и миозин обеспечивают сокращение волокон поперечнополосатой мускулатуры, за счет чего совершается передвижение тела животных и человека

Продолжение табл. 28

Функция	Уровень организации	Примеры
Рецепторная	Тканевый	1. Гликопротеины являются компонентами гликокаликса. 2. Гликопротеины — антигены тканевой совместимости — ответственны за распознавание «своих» и «чужих» клеток и тканей
	Организменный	1. Опсин — составная часть светочувствительных пигментов родопсина и йодопсина, находящихся в клетках сетчатки глаза. 2. Фитохром — светочувствительный белок сложного строения, участвующий в регуляции реакции растений на изменение длины дня (фотопериодической реакции)
Защитная	Клеточный	1. Антитела связывают инородные белки, образуя с ними комплексы. 2. Интерфероны — универсальные противовирусные белки (блокируют синтез вирусного белка в инфицированной клетке)
	Тканевый	1. Тромбопластин, протромбин, тромбин и фибриноген предохраняют организм от кровопотери, образуя тромб. 2. Антиоксидантные ферменты (например, каталаза) препятствуют развитию свободнорадикальных процессов, очень вредных для организма
	Организменный	Кожа, в формировании которой принимают участие различные белки, защищает тело позвоночных
Ферментативная	Клеточный	Подавляющее большинство ферментов является белками. Они катализируют практически все химические реакции в клетке, поскольку сами по себе эти реакции либо не протекают вовсе, либо идут слишком медленно (см. табл. 29). При полном расщеплении 1 г белка выделяется 17,6 кДж энергии

Окончание табл. 28

Функция	Уровень организации	Примеры
Пищевая	Организменный	1. Белки пищи являются основным источником аминокислот (и единственным источником незаменимых аминокислот) для организма животных и человека. 2. Казеин молока — источник аминокислот для детенышей млекопитающих и человека
Запасающая	Органный	1. Ферритин — запасает железо в печени, селезенке, яичном желтке. 2. Миоглобин — содержит запас кислорода в мышцах позвоночных
	Организменный	1. Альбумин — запасает воду в яичном желтке. 2. Белки семян растений семейства бобовых — источник питания для зародыша
Регуляторная	Организменный	1. Гормоны — белки: инсулин, соматотропин, пролактин, паратгормон. 2. Гормоны — пептиды: окситоцин, вазопрессин, кальцитонин, глюкагон, адренокортикотропный. 3. Гормоны — гликопротеины: лютеинизирующий, фолликулостимулирующий. 4. Нейропептиды — пептиды, присутствующие в мозге и влияющие на функции центральной нервной системы
Антибиотики	Организменный	Некоторые антибиотики, обладающие широким спектром антимикробного действия, являются белками, например грамицидин S, актиномицин и др.
Токсины	Организменный	1. Самые сильные микробные токсины являются белками: ботулинический, столбнячный, дифтерийный, холерный. 2. Токсины змей, пауков и скорпионов являются белками. 3. Токсины многих грибов, а также пчел являются пептидами

Таблица 29. Классификация ферментов

Номер и название класса	Катализируемые реакции	Примеры
1. Оксидоредуктазы	Окислительно-восстановительные реакции: перенос атомов Н или О или электронов от одного вещества к другому	Дегидрогеназы, в состав которых входит НАД, окисляют фосфоглицериновый альдегид до фосфоглицериновой кислоты (в темновой фазе фотосинтеза) Цитохромы переносят и присоединяют электроны к атомам кислорода (на III этапе диссимиляции) и к протонам H^+ (в световой фазе фотосинтеза) Каталаза разлагает перекись водорода на воду и молекулярный кислород
2. Трансферазы	Перенос функциональных групп от одного вещества к другому	Под действием фосфотрансфераз происходит перенос остатков фосфорной кислоты от АТФ на глюкозу или фруктозу: АТФ + глюкоза → глюкозо-6-фосфат + + АДФ
3. Гидролазы	Гидролиз: реакции расщепления сложных органических соединений на более простые путем присоединения воды	Амилаза гидролизует крахмал до глюкозы; липаза расщепляет жиры до глицерина и жирных кислот; трипсин гидролизует белки и пептиды до аминокислот
4. Лиазы	Негидролитическое присоединение или отщепление функциональных групп	Отщепление карбоксильных групп декарбоксилазами
5. Изомеразы	Изомеризация	Взаимопревращения глюкозы и фруктозы в растениях под действием глюкозофосфатизомеразы
6. Лигазы (синтетазы)	Реакции синтеза с использованием энергии АТФ	Карбоксилазы катализируют присоединение углекислого газа к органическим кислотам

Таблица 30. Сравнительная характеристика ДНК и РНК

Признаки	ДНК	РНК
Местонахождение в клетке	Ядро, митохондрии, хлоропласты. Цитоплазма у прокариот	Ядро, рибосомы, цитоплазма, митохондрии, хлоропласты
Местонахождение в ядре	Хромосомы	Ядрышко ядрышковых хромосом
Строение макромолекулы	Двойной неразветвленный линейный полимер, свернутый правозакрученной спиралью, связи — водородные	Одинарная полинуклеотидная цепочка
Мономеры	Дезоксирибонуклеотиды	Рибонуклеотиды
Состав нуклеотида	Азотистое основание (пуриновое — аденин, гуанин, пиримидиновое — тимин, цитозин); дезоксирибоза (углевод); остаток фосфорной кислоты	Азотистое основание (пуриновое — аденин, гуанин, пиримидиновое — урацил, цитозин); рибоза (углевод); остаток фосфорной кислоты
Типы нуклеотидов	Адениловый (А), гуаниловый (Г), тимидиловый (Т), цитидиловый (Ц)	Адениловый (А), гуаниловый (Г), уридиловый (У), цитидиловый (Ц)
Свойства	Способна к самоудвоению по принципу комплементарности (редупликации): А = Т, Т = А, Г ≡ Ц, Ц ≡ Г. Стабильна	Не способна к самоудвоению. Лабильна. (Генетическая РНК вирусов способна к редупликации)
Функции	Химическая основа хромосомного генетического материала (гена); синтез ДНК; синтез РНК; информация о структуре белков	*Информационная* (иРНК) — передает код наследственной информации о первичной структуре белковой молекулы; *рибосомальная* (рРНК) — входит в состав рибосом; *транспортная* (тРНК) — переносит аминокислоты к рибосомам; *митохондриальная* и *пластидная* — входят в состав рибосом этих органелл

Таблица 31. Функции нуклеотидов в клетке

Функция	Примеры
Структурная	Являются мономерами нуклеиновых кислот
Энергетическая	Аденозинтрифосфорная кислота (АТФ) является универсальным переносчиком и хранителем энергии в клетке
Каталитическая	1. Нуклеотиды могут являться предшественниками ряда витаминов (тиамина, рибофлавина, фолиевой кислоты, витамина B_{12}) — коферментов некоторых ферментов. 2. Акцепторы водорода НАД, НАДФ, ФАД, участвующие в окислительно-восстановительных реакциях, являются производными нуклеотидов
Регуляторная	Производное аденозина — циклический аденозинмонофосфат (цАМФ) регулирует активность ферментов, являясь посредником между гормонами и ферментами

Словарь основных терминов и понятий

Авторегуляция химических процессов в клетке — саморегуляция, осуществляемая в живой клетке с помощью сигналов, которыми служат какие-либо изменения, возникающие в любом звене метаболизма клетки. В ответ на сигнал включается процесс, устраняющий возникшее изменение. Восстановление нормального состояния системы автоматически выключает этот процесс. Так, если содержание АТФ ниже 0,04%, начинается синтез новой порции; возвращение же концентрации к нормальному уровню прекращает синтез.

Автотрофные организмы (греч. «аутос» — сам, «трофе» — питание) — организмы, синтезирующие органические вещества из неорганических за счет энергии солнечного света (фотосинтез) — **фототрофы** или за счет энергии неорганических соединений (хемосинтез) — **хемотрофы.** К автотрофным фототрофам относятся все зеленые растения и некоторые бактерии (синезеленые, содержащие хлорофилл). К автотрофным хемотрофам относятся азото-, серо- и железобактерии.

Азот **(N)** — входит в состав всех аминокислот, белков, АТФ, ферментов, нуклеиновых кислот, многих пигментов (хлорофилл, гемоглобин) и витаминов. Фиксируется из атмосферы азотфиксирующими бактериями (симбиотическими и свободноживущими) и затем в виде анионов (NO_2^-, NO_3^-) или катиона (NH_4^+) поглощается растениями и в виде аминогруппы ($-NH_2$) вовлекается в синтез аминокислот. В организм животных и человека азот поступает в виде азотсодержащих веществ кормов и пищи (белков, аминокислот и др.). Значительная часть азотсодержащих веществ остается в организме (идет на построение его клеток, тканей и органов), а часть — после соответствующих биохимических превращений выводится из организма в виде конечных продуктов азотного обмена (аммиака, мочевины или мочевой кислоты и ее солей в зависимости от среды обитания животного и его систематической принадлежности). После отмирания растений и животных органические азотсодержащие вещества разлагаются микроорганизмами до аммиака NH_3 или соединений аммония (NH_4^+),которые затем могут окисляться нитрифицирующими бактериями до нитритов (NO_2^-) или нитратов (NO_3^-); часть нитратов может восстанавливаться денитрифицирующими бактериями до свободного азота N_2, который возвращается в атмосферу.

Альфа-спираль (α-спираль) — вторичная структура глобулярных белков. Образуется в результате того, что пептидная цепь закручивается в спираль за счет образования водородных связей между остатком карбоксильной группы одной аминокислоты и остатком аминогруппы ($-NH_2$) другой аминокислоты, удаленной от первой на расстояние в четыре аминокислотных остатка.

Аминокислоты — органические вещества, содержащие карбоксильную ($-COOH$) и аминную ($-NH_2$) группы, присоединенные к какому-либо радикалу. У аминокислот, входящих в состав белков, аминогруппа (или одна из аминогрупп, если речь идет об аминокислотах, содержащих две такие группы) всегда находится в α-положении, т. е. присоединена к атому углерода, ближайшему к карбоксильной группе.

$$R-\underset{NH_2}{\overset{H}{\underset{|}{\overset{|}{C}}}}-C\begin{matrix}\nearrow\!\!\!\!\nearrow O\\ \searrow OH\end{matrix}$$

В различных живых организмах встречается около 200 аминокислот; из них лишь 20 участвуют в образовании белка. Восемь из этих двадцати (валин, изолейцин, лейцин, лизин, метионин, триптофан, треонин, фенилаланин) называют незаменимыми на том основании, что они не могут синтезироваться человеческим организмом и поэтому должны поступать в него извне с пищей. Растения все аминокислоты синтезируют сами.

АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) — сложное органическое соединение, содержащее две макроэргические (богатые энергией) связи. Представлена одним нуклеотидом, состоящим из азотистого основания аденина, углевода рибозы и (в отличие от нуклеотидов ДНК и РНК) трех остатков фосфорной кислоты. При отделении одного остатка фосфорной кислоты АТФ переходит в АДФ (аденозиндифосфорную кислоту), если отделяется еще один остаток фосфорной кислоты, то АДФ переходит в АМФ (аденозинмонофосфорную кислоту), что бывает крайне редко. Место отделившегося остатка фосфорной кислоты занимает молекула воды. Отделение каждого остатка фосфорной кислоты происходит с помощью ферментов, при этом выделяется 40 кДж (а при разрыве обычных ковалентных связей — около 12 кДж энергии). Именно поэтому эти связи называют макроэргическими. При синтезе АТФ, наоборот, поглощается большое количество энергии. У всех организмов АТФ синтезируется на внутренней мембране митохондрий в процессе кислородного (III) этапа диссимиляции (катаболизма), поэтому их называют энергетическими станциями клетки. Молекулы АТФ, покидая митохондрию, попадают в гиалоплазму, участвуют в различных процессах жизнедеятельности клетки и возвращаются в виде АДФ и Ф. У зеленых растений, кроме митохондрий, АТФ синтезируется в хлоропластах в процессе световой стадии фотосинтеза (фотофосформирование). Во всех клетках АТФ аккумулирует энергию, которая расходуется по мере надобности там, где в клетке происходят процессы с затратой энергии. Наибольшее количество АТФ потребляет мышечная ткань.

Белки — биологические полимеры, мономерами которых являются аминокислоты. В ходе образования белка аминокислоты взаимодействуют между собой, образуя пептидные связи (см.), в результате чего формируется длинная полипептидная цепь. Понятия «белок» и «пептид» близки между собой, однако между ними имеются и различия. Пептидами обычно называют олигопептиды, т. е. те, чья цепь содержит наибольшее число амино-

кислотных остатков (10–15), а белками называют пептиды, содержащие большое число аминокислотных остатков (до нескольких тысяч) и имеющие определенную компактную пространственную структуру, так как длинная полипептидная цепь является энергетически невыгодным состоянием. Выделяются четыре уровня пространственной организации (структуры) белков (см. табл. 27). Все структуры формируются в каналах эндоплазматической сети. При воздействии неблагоприятных факторов среды (облучение, повышенная температура, химические вещества) структуры белка могут разрушаться — происходит **денатурация**. Если этот процесс не затрагивает первичной структуры, он обратим, и по окончании воздействия молекула самопроизвольно восстанавливается. Первичная же структура невосстановима, так как формируется только на рибосомах при участии сложнейшего механизма биосинтеза белков. В зависимости от пространственной структуры белки бывают фибриллярные (в виде волокон) — строительные белки и глобулярные (в виде шара) — ферменты, антитела, некоторые гормоны и др. Роль белков очень многообразна. Это главнейший строительный материал клеток: они входят в состав мембран, рибосом, хромосом, матрикса митохондрий, стромы пластид. Белки являются структурным элементом ферментов — катализаторов, влияющих на процессы метаболизма клеток — ассимиляцию (синтез) и диссимиляцию (расщепление) веществ. Гормоны — регуляторы процессов роста и развития любых организмов — также представляют собой белки. Белки выполняют транспортную (перенос O_2 и CO_2 гемоглобином), двигательную (сократительные белки мышц), защитную (антитела), сигнальную (реакция на раздражение), механическую (прочность различных структур) функции и могут быть источником энергии. При расщеплении 1 г белка освобождается 17,6 кДж энергии, т. е. столько же, сколько при расщеплении 1 г углеводов. В организме каждого человека около 100 тыс. различных белков, отличающихся от белков другого человека. Поэтому при пересадке органов возникает несовместимость и чужой орган отторгается. Переливание крови без учета специфики ее белков приводит к склеиванию эритроцитов. Аналогичный механизм приводит к образованию антител при реакции на чужеродный белок микробов.

Бета-структура (β-слой, β-конформация, складчатый слой) — один из видов вторичной структуры фибриллярных белков. Представляет собой ряд параллельных полипептидных цепей,

соединенных между собой водородными связями. Однако в отличие от α-спирали в этом случае связи образуются между одноименными функциональными группами соседних цепей (т. е. между остатками карбоксильной группы одной цепи и остатками карбоксильной группы другой цепи; между остатками аминогруппы одной цепи и такими же остатками в другой цепи). В результате образования таких связей сама структура принимает форму складчатого листа.

Вода — главный компонент всех клеток живых организмов, составляющий до 85% их массы. Поступает в организм из внешней среды; у животных, кроме того, может образовываться при расщеплении жиров, белков, углеводов. Вода находится в цитоплазме и ее органеллах, вакуолях, ядре, межклетниках. Функции многообразны: определяет физические свойства клеток — объем, упругость, является осморегулятором, хорошим растворителем, средой для физиологических и биохимических процессов, источником кислорода при фотосинтезе, химическим компонентом, терморегулятором, участвует в реакциях гидролиза, окисления и синтеза. Может находиться в клетке в различных формах. **Гидратационная** вода — вода, связанная с белками и ионами, обеспечивающая набухание коллоидов. Это жизненно необходимая вода. **Обменная** вода заключена между молекулами белка, мембранами, волокнами, является растворителем веществ. **Свободная** вода находится в межклеточных пространствах, сосудах, вакуолях, полостях органов. Служит для переноса веществ из окружающей среды в клетку и наоборот. Первые две формы называют связанной водой, так как она не вытекает из клеток при их рассекании, свободная же вода при этом вытекает. Значение воды для биологических процессов определяется ее физическими и химическими свойствами. Физические свойства определяются размером молекул, их формой и полярностью. Вследствие полярности молекул между ними образуются водородные связи. Метаболические функции воды в клетке определяют свойства элементов, входящих в состав ее молекул (водорода и кислорода), а также способность самих молекул воды образовывать водородные связи (как между собой, так и с молекулами других веществ).

Водород **(Н)** — входит в состав всех органических веществ и воды. Именно за счет энергии движения ионов водорода H^+ (протонов) по протонному каналу происходит синтез **АТФ** в ходе световой фазы фотосинтеза и III этапа диссимиляции. Водород очень ак-

тивен, поэтому в живых организмах он не встречается в свободном виде — его присоединяют к себе коферменты НАД и НАДФ.

Воски — один из классов липидов; сложные эфиры высших жирных кислот и одноатомных высокомолекулярных спиртов (т. е. спиртов, имеющих длинный углеродный скелет и одну —ОН группу).

Гетеротрофные организмы (греч. «гетерос» — другой, разный, «трофе» — питание) — организмы, неспособные образовывать органические вещества из неорганических и питающиеся готовыми органическими веществами. При этом они могут быть сапротрофами и паразитами. К сапротрофам, питающимся органическими веществами мертвых организмов, относится большинство животных, бактерии гниения и брожения, шляпочные и плесневые грибы, дрожжи. К паразитам, питающимся за счет готовых органических веществ живых организмов, относятся некоторые простейшие, паразитические черви, клещи, кровососущие насекомые, а также вирусы, фаги, болезнетворные бактерии, паразитические грибы, цветковые растения-паразиты (омела, повилика, заразиха). Характер питания гетеротрофов очень разнообразен. Среди них есть растительноядные и плотоядные, хищники и паразиты, потребители мертвых растительных тканей и трупов животных, а также виды, питающиеся растворенными органическими соединениями.

Гидрофильные вещества (греч. «гидро» — вода, «филео» — люблю) — вещества, энергия притяжения которых к молекулам воды превышает энергию водородных связей (энергию притяжения между собой молекул воды), поэтому многие гидрофильные вещества хорошо растворимы в воде. К ним относятся некоторые белки (протеины), углеводы (глюкоза, фруктоза, сахароза, инулин).

Гидрофобные вещества (греч. «гидро» — вода, «фобос» — боязнь) — вещества, энергия притяжения молекул которых к молекулам воды меньше энергии водородных связей молекул воды. К числу гидрофобных веществ относятся жиры, некоторые углеводы (крахмал, гликоген, клетчатка), нуклеиновые кислоты, АТФ, большинство белков, нерастворимых в воде.

Гликозиды — производные моно- и дисахаридов, часто обладающие горьким вкусом или специфическим ароматом. По химической природе являются простыми эфирами, образующимися в результате взаимодействия гликозидного гидроксила сахарида со спиртовой группой вещества неуглеводной природы; в каче-

стве неуглеводного компонента в них могут содержаться разнообразные соединения. Широко распространены в растениях. Синигрин, содержащийся в семенах горчицы, придает им специфический запах и горький вкус. С наличием гликозида амигдалина связан специфический вкус и аромат горького миндаля, а также абрикосовых, сливовых и персиковых «косточек». В картофеле (особенно в позеленевших на свету клубнях) содержатся гликозиды соланины, иногда придающие ему неприятный, горький вкус.

Гликолипиды — соединения липидов с углеводами.

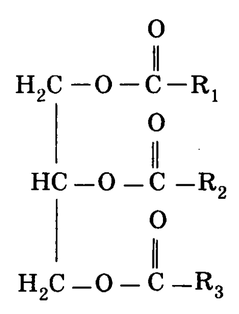
Гликопротеины — соединения, образованные полисахаридами и белками (или полипептидами).

Глобулярные белки — белки, молекулы которых в полной пространственной структуре стремятся к сферической форме (глобула). Глобулярными являются белки-ферменты, транспортный белок гемоглобин.

ДНК (дезоксирибонуклеиновая кислота) — сложное органическое соединение, являющееся материальным носителем наследственной информации. Структура ДНК была смоделирована в 1953 г. в США учеными Д. Уотсоном и Ф. Криком. ДНК представляет собой двойной неразветвленный линейный полимер, закрученный спирально, за исключением одноцепочечной молекулы ДНК вирусов и кольцевой ДНК бактерий, пластид и митохондрий. Мономерами ДНК являются нуклеотиды. Каждый **нуклеотид** состоит из азотистого основания, остатка фосфорной кислоты и углевода дезоксирибозы. В одной молекуле ДНК насчитывается 10–25 тыс. нуклеотидов четырех типов, различающихся по азотистому основанию: в адениловый (А) нуклеотид входит аденин, в гуаниловый (Г) — гуанин, в тимидиловый (Т) — тимин, в цитидиловый (Ц) — цитозин. Нуклеотиды двух цепочек ДНК соединены комплементарно (дополняя друг друга) через азотистые основания водородными связями: А = Т, Г ≡ Ц, а внутри одной цепочки — через остатки фосфорной кислоты. ДНК существует в трех формах: ядерная (в хромосомах), митохондриальная и пластидная. Количество ДНК в ядре строго постоянно: например, у человека в соматических клетках $6{,}6 \cdot 10^{-12}$ г, в половых — $3{,}3 \cdot 10^{-12}$ г. Молекулы ДНК во много раз больше макромолекул белка. Длина одной молекулы составляет десятки и сотни микрон; молекулярная масса — десятки и сотни углеродных единиц (например, у ДНК некоторых вирусов — 150 млн у. е.). Уникальное свойство молекулы ДНК — репликация, т. е. способность к самоудвоению.

Структура ДНК каждой особи постоянна, стабильна. Изменение молекулы ДНК (генная мутация) приводит к появлению новых признаков и свойств организма, так как вызывает синтез новых белков.

Жиры — один из классов липидов, сложные эфиры глицерина и жирных кислот.



В клетках содержится 1–5% жиров. Они нерастворимы в воде и имеют гидрофобный характер. Жиры, в состав которых входят ненасыщенные жирные кислоты, отличаются низкой температурой плавления. К их числу относятся растительные масла: льняное, подсолнечное, касторовое, кукурузное, горчичное. Жиры, в состав которых входят насыщенные жирные кислоты, имеют высокую температуру плавления и при комнатной температуре находятся в твердом состоянии. К ним относятся животные жиры: коровье масло, свиное сало, говяжий и бараний жир. У растений липиды синтезируются в каналах эндоплазматической сети. В животный организм они поступают с пищей, расщепляются до простых молекул, вновь синтезируются в каналах ЭПС в собственные жиры и там упаковываются в сферосомы. Жиры являются источником энергии (при расщеплении 1 г жира выделяется 38,9 кДж тепла); подкожный жировой слой — хороший терморегулятор; входя в состав мембран и обеспечивая их полупроницаемость, жиры выполняют строительную функцию; кроме того, они являются компонентами витаминов, растительных пигментов (каротиноидов), источником воды для животного организма.

Кислород **(О)** — входит в состав многих органических молекул и воды. Молекулярный кислород является акцептором электронов на III этапе диссимиляции. В растительный организм кислород поступает из окружающей среды как в виде свободного кислорода O_2, так и в составе углекислого газа CO_2. Свободный

кислород образуется как побочный продукт в процессе фотосинтеза (в световую фазу в результате фотолиза воды) как у водных, так и у наземных зеленых растений. В животный организм кислород поступает в виде свободного O_2.

Кодон (франц. «код» — шифр, условное сокращение) — единица генетического кода: единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде трех последовательных нуклеотидов — триплетов; универсален для всех организмов. Реализация генетического кода осуществляется при помощи двух матричных процессов — транскрипции и трансляции, результатом которых является синтез белка. Четыре типа нуклеотидов, объединенных в группы по три (триплеты, или кодоны), дают 64 сочетания, в результате чего на одну аминокислоту, участвующую в синтезе белка, приходится более трех кодонов. Из 64 триплетов не кодируют аминокислоты три — УАА, УАГ, УГА — это сигналы начала и окончания синтеза полипептидной цепи — знаки препинания, а 61 кодируют включение 20 аминокислот (избыточность кода). Наиболее важные свойства генетического кода — его триплетность и универсальность.

Липиды — группа жироподобных органических соединений, нерастворимых в воде, но хорошо растворимых в неполярных органических растворителях (бензоле, бензине и т. д.). Большинство липидов представляют собой сложные эфиры жирных кислот и ряда спиртов. Липидам чаще всего дают весьма расплывчатые определения, что связано с разнообразием их состава и строения. Несмотря на это многообразие, липиды обладают рядом общих физико-химических свойств, которые и определяют их «поведение» (а следовательно, и функции) в биологических системах. В состав молекул большинства липидов входят, с одной стороны, длинные углеводородные остатки (хвосты), обладающие гидрофобными свойствами, а с другой — компактные гидрофильные группы (полярные головки). Такое строение заставляет эти молекулы занимать в водной среде совершенно определенное упорядоченное положение: гидрофильными головками наружу (к воде), а гидрофобными остатками (хвостами) — внутрь. Поэтому они формируют пленку толщиной в две молекулы — бимолекулярный слой (от греч. «би» — два), который и является основой клеточной мембраны. Большинство липидов являются сложными эфирами жирных кислот и спиртов. Жирные кислоты — это карбоновые кислоты с длинной углеводород-

ной цепью (C_{12}—C_{20}); в составе липидов наиболее часто встречаются кислоты с длиной цепи C_{16} и C_{18}. Именно жирные кислоты чаще всего и выполняют функцию гидрофобных хвостов. (При этом некоторые липиды вообще не имеют в своем составе жирных кислот — это стероиды и терпены. Их относят к липидам на том основании, что их физико-химические свойства весьма похожи на свойства других липидов.) Среди спиртов, входящих в состав липидов, наблюдается большое разнообразие, хотя наиболее распространенным является трехатомный спирт глицерин. Представители различных групп липидов различаются в первую очередь составом и строением гидрофильных полярных головок.

Липоиды — жироподобные вещества (см. схему 6). Как гидрофобные соединения, липоиды нормализуют работу клеточных мембран. Они входят в состав всех клеток и тканей. Особенно много их в желтке яиц, в мозговой и нервной ткани, эритроцитах, коре надпочечников, сперматозоидах и т. д.

Липопротеины — соединения липидов с белками.

Мукопротеины — соединения белков и полисахаридов.

Неорганические вещества клетки — вещества, в состав которых не входит углерод, кроме CO, CO_2, H_2CO_3 и карбонатов. В клетках неорганические вещества представлены водой (до 85%), солями минеральных кислот, а также соответствующими катионами и анионами (1%).

Нуклеиновые кислоты (лат. «нуклеус» — ядро) — ядерные кислоты. Представлены ДНК и РНК. В основном эти кислоты находятся в ядре клетки, кроме того, они имеются в митохондриях и пластидах. Нуклеиновые кислоты — это полимеры, мономерами которых являются нуклеотиды. Нуклеотиды, в свою очередь, состоят из одного из азотистых оснований (аденина, гуанина, тимина, цитозина и урацила), углевода (моносахаридов рибозы или дезоксирибозы) и остатка фосфорной кислоты. Функция ДНК и РНК очень ответственна: хранение и передача через молекулы белков наследственной информации о строении, развитии и функциях живого организма — растения, животного, человека, которая реализуется в процессе транскрипции и трансляции. Ни один живой организм, начиная от предклеточных (фагов и вирусов), не существует без ДНК или РНК.

Органические вещества клетки — соединения, в состав которых входит углерод, образуя углеродный скелет (за исключением

CO, CO_2, H_2CO_3 и карбонатов). В живых клетках органические вещества представлены белками (10–20%), жирами (1–5%), углеводами (0,2–2,0%), нуклеиновыми и другими органическими кислотами (0,1–0,5%).

Органогены — как следует из самого названия, это именно те элементы, из которых в основном состоят органические вещества — углерод, кислород, водород и азот (см. табл. 18).

Пептидная связь — ковалентная связь между остатком карбоксильной группы одной аминокислоты и остатком аминогруппы другой аминокислоты.

$$R-CH(NH_2)-C(=O)-OH + H_2N-CH(R)-COOH \longrightarrow$$

$$\longrightarrow R-CH(NH_2)-\boxed{C(=O)-N(H)}-CH(R)-COOH + H_2O$$

Пептидная связь

Чтобы проще было написать образование пептидной связи и при этом не запутаться, две аминокислоты надо развернуть друг к другу функциональными группами, вступающими в данный момент в реакцию.

Пиноцитоз (греч. «пино» — пью) — процесс поглощения клеткой жидкости в виде мелких капель с растворенными в них высокомолекулярными веществами, который осуществляется путем захвата этих капель выростами цитоплазмы. Захваченные капли погружаются в цитоплазму и там усваиваются. Явление пиноцитоза свойственно животным клеткам и одноклеточным организмам.

Простые липиды — класс липидов, в состав которых вообще не входят жирные кислоты. Эти соединения относятся к липидам на основании того, что их свойства весьма похожи на свойства

других липидов. К этому классу липидов относятся следующие группы:

— стероиды — производные спирта холестерола (холестерина);

— терпены — вещества, в основе структуры которых лежит пятиугольный углеводород изопрен;

— жирорастворимые витамины (A, D, E, K).

Реакция матричного синтеза (лат. «матрица» — штамп, форма) — синтез сложных полимерных молекул в живых клетках, происходящий на основе закодированной на матрице (молекуле ДНК) генетической информации клетки. Матричный синтез происходит в двух случаях: при самоудвоении (репликации) молекулы ДНК и при транскрипции (синтезе РНК). Он лежит в основе процесса воспроизведения себе подобного.

Репликация ДНК (лат. «репликаре» — отражать, обращать назад) — удвоение молекулы ДНК путем достройки на каждой из продольных половинок точных копий по принципу комплементарности. Этот процесс происходит в синтетический период интерфазы. При репликации молекула ДНК постепенно разделяется специальным ферментом на две половины в продольном направлении. По мере того как открываются нуклеотиды разделяемой молекулы, к ним тут же присоединяются свободные нуклеотиды, ранее синтезированные в цитоплазме. Согласно принципу дополнительности (комплементарности) эти новые нуклеотиды присоединяются к строго определенным местам: А = Т, Г ≡ Ц. Таким образом, каждая половина спирали снова становится целой и вместо одной молекулы ДНК получаются две. В каждой из образовавшихся молекул одна половина — бывшая матрица, вторая — вновь образованная, комплементарная первой. Одна из молекул ДНК остается в материнской хроматиде, вторая образует дочернюю, в результате чего хромосома становится двухроматидной (удвоенной).

РНК (рибонуклеиновая кислота) — сложное органическое соединение, относящееся к группе нуклеиновых кислот. Известна в четырех формах: информационная (иРНК), рибосомальная (рРНК), транспортная (тРНК) и **генетическая** (у некоторых вирусов). Количество РНК в клетке непостоянно, так как она синтезируется по мере необходимости на молекуле ДНК. В клетке РНК находится в ядре, цитоплазме, митохондриях и пластидах. Все формы РНК принимают участие в биосинтезе белка, поэтому играют роль посредников между генами (ДНК) и белковыми

молекулами, синтезируемыми в соответствии с генетической программой. По строению РНК представляет собой одинарную полинуклеотидную цепочку, которая может образовывать спираль (иРНК) или спаренные спирализованные участки (тРНК). РНК — полимер, мономерами которого являются нуклеотиды. В состав РНК входят **нуклеотиды** четырех типов, различающиеся по азотистому основанию: аденин входит в состав аденилового нуклеотида (А), гуанин — гуанилового (Г), урацил — уридилового (У), цитозин — цитидилового (Ц). Кроме того, в каждом нуклеотиде имеются углевод рибоза и остаток фосфорной кислоты. Нуклеотиды в цепочке соединены ковалентными связями между рибозой одного нуклеотида и остатком фосфорной кислоты другого. При синтезе РНК на ДНК нуклеотиды присоединяются по принципу комплементарности: гуаниловый к цитидиловому (Г ≡ Ц), уридиловый к адениловому (У = А), т. е. уридиловый нуклеотид замещает тимидиловый, аналогичный ему по строению и размерам. Каждый вид РНК выполняет свою функцию, поэтому их молекулы различаются по строению, размеру, молекулярной массе. Но в любом случае молекула РНК меньше ДНК. **Транспортные РНК** (их 20 видов) образуются в ядре на ДНК, затем переходят в цитоплазму. Они имеют самые короткие молекулы из 80–100 нуклеотидов с кодовым триплетом на одном конце (антикодон) и «посадочной площадкой» на другом. Их функция — транспортировка аминокислот к рибосомам, где идет сборка белковой молекулы. **Информационная РНК** синтезируется также в ядре на молекуле ДНК по принципу комплементарности (транскрипция), после чего она переходит в цитоплазму. Здесь иРНК образует комплекс с рибосомами, и осуществляется сборка молекул белка (трансляция). В период активного синтеза образуется до 1000 молекул иРНК с одного гена. Молекулярная масса иРНК составляет от 100 тыс. до 1 млн углеродных единиц, длина также различна. **Рибосомальная РНК** оставляет до 80% всей РНК клетки. Она также синтезируется на ДНК (вторичная перетяжка ядрышковой хромосомы) и, войдя в состав субъединиц рибосом, выходит в цитоплазму. Ее молекулы самые крупные и состоят из 3–5 тыс. нуклеотидов. Все виды РНК, за исключением генетической РНК вирусов, неспособны к самоудвоению и самосборке.

Сфинголипиды — липиды, в построении которых участвует спирт сфингозин. (Он содержит две —OH группы, одну аминогруппу —NH_2 и длинный углеводородный хвост.) Некоторые

сфинголипиды содержат остаток фосфорной кислоты и поэтому могут быть отнесены к классу фосфолипидов.

Таксис (греч. «таксис» — расположение в порядке) — перемещение к раздражителю или от него. Известно несколько разновидностей таксисов. **Фототаксис** — ответная реакция на действие света. Положительный фототаксис — перемещение к свету (например, движение инфузории-туфельки в воде, хлоропластов в цитоплазме), отрицательный — перемещение от света (хлоропласты в столбчатой паренхиме листа прячутся в тени друг друга от прямых солнечных лучей). **Хемотаксис** — ответная реакция на химический раздражитель. Положительный хемотаксис — перемещение к источнику раздражения (амебы в сторону пищи — одноклеточных водорослей; лейкоцитов крови в сторону бактерий). Отрицательный хемотаксис — перемещение от источника раздражения (удаление амеб от места, где лежит кристаллик соли). **Термотаксис** — реакция на действие температуры (удаление или приближение к источнику тепла).

Транскрипция (лат. «транскрипцио» — переписывание) — процесс передачи генетической информации, записанной на молекуле ДНК, на молекулу РНК. Транскрипция осуществляется при матричном синтезе молекулы РНК, нуклеотиды которой присоединяются к нуклеотидам молекулы ДНК, по принципу комплементарности (А = У, Г ≡ Ц, Т = А, Ц ≡ Г). Молекула иРНК снимается с ДНК как с матрицы, после чего она перемещается в цитоплазму.

Трансляция (лат. «трансляцио» — перенесение, перевод) — процесс перевода генетической информации, записанной на иРНК в виде последовательности нуклеотидов, в аминокислотную последовательность белковой молекулы, которая синтезируется на рибосомах при участии тРНК, аминокислот, АТФ и ферментов. На иРНК генетический код записан «языком» триплетов нуклеотидов. Они передают информацию только тем тРНК, антикодон которых комплементарен кодону иРНК. При образовании связи между кодоном и антикодоном (принцип розетки и вилки) аминокислота присоединяется к полипептидной цепочке.

Триплет (лат. «триплет» — тройной) — сочетание трех нуклеотидов. Генетическая информация записана в молекуле ДНК особым языком — кодом, состоящим из 64 сочетаний нуклеотидов. Эти сочетания складываются из четырех типов нуклеотидов (А, Г, Т, Ц),

собранных по три (триплетами) — 4^3. Один триплет соответствует одной аминокислоте. Информация с молекулы ДНК передается на молекулу иРНК в виде комплементарных триплетов. Таким образом, информация с иРНК также считывается по триплетному коду. В период синтеза молекулы белка тРНК сопровождают к рибосомам аминокислоты. Доставив аминокислоту на рибосому, тРНК своим антикодоном (кодовым триплетом) считывает информацию с кодона иРНК. Если они комплементарны, то аминокислота отделяется от тРНК и присоединяется к полипептидной цепочке (белковой молекуле первичной структуры).

Тропизмы (греч. «тропос» — поворот) — ростовые движения растений, вызываемые односторонне действующим раздражителем. Обычно это медленные, постепенные движения. Известно несколько разновидностей тропизмов. **Фототропизм** — ответная реакция на свет. Примером положительного фототропизма служит поворот листовых пластинок широкой стороной к солнцу; отрицательного фототропизма — свертывание лепестков цветка ночной красавицы днем и раскрывание их к ночи, поворот листовых пластинок эвкалипта широкой стороной параллельно солнечным лучам (отчего эвкалиптовый лес дает мало тени). **Геотропизм** — ростовое движение по отношению к центру тяжести земли (греч. «гео» — земля). Положительный геотропизм — направление роста к центру земли — свойствен корням, отрицательный — побегам. **Гелиотропизм** — ростовое движение по отношению к солнцу (греч. «гелиос» — солнце). Положительный гелиотропизм — направление роста к солнцу — характерен для побегов, отрицательный — для корней.

Углеводы — органические вещества, производные многоатомных спиртов, состоящие из С, Н, О. Органическая химия определяет эти соединения как многоатомные оксиальдегиды или многоатомные оксикетоны. Название «углеводы» является устаревшим, хотя и по сей день широко используется. Такое название эти вещества получили потому, что первые изученные соединения из этого класса отвечали общей эмпирической формуле $C_n(H_2O)_n$, и поэтому их принимали за гидраты углерода. Однако этой формуле отвечают не все соединения, относящиеся к классу углеводов. Углеводы образуются из неорганических веществ (H_2O и CO_2) в процессе фотосинтеза, происходящего в хлоропластах зеленых растений. Различают простые углеводы (моносахариды), молекула которых состоит из одного мономера, и слож-

ные — ди- и полисахариды, молекулы которых включают два и более мономеров соответственно. К моносахаридам относятся глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, дезоксирибоза, к дисахаридам — сахароза, мальтоза. Крахмал, гликоген, клетчатка, пектин, инулин, хитин являются полисахаридами — периодическими полимерами. Значение углеводов разнообразно. Они представляют собой исходное органическое вещество, образующееся при фотосинтезе; источник энергии (при расщеплении 1 г углеводов освобождается 17,6 кДж энергии); строительный материал (целлюлозная клеточная стенка у растений). Рибоза и дезоксирибоза, не встречающиеся в свободном виде, являются составными частями ДНК, РНК и АТФ.

Углерод (С) — образует скелет всех органических молекул. В растения он поступает из воздуха в виде углекислого газа CO_2. В процессе фотосинтеза из углекислого газа и воды образуется глюкоза, из которой затем в ходе многочисленных химических реакций образуются все разнообразные органические вещества растения. В организм животных углерод поступает с пищей в виде уже готовых, достаточно сложных органических веществ. Углерод в виде неорганических веществ — различных карбонатов — входит в состав раковин моллюсков, коралловых полипов, а также покровов тела простейших, из которых образуются осадочные породы (известняки, мел). У млекопитающих в поддержании постоянного значения pH внеклеточной среды участвует бикарбонатная буферная система. В процессе обмена веществ органические вещества живых организмов окисляются; при этом образуются углекислый газ и вода.

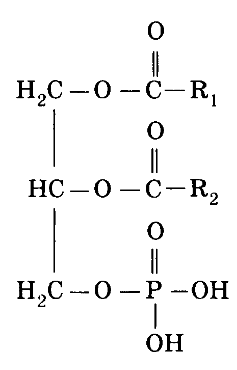
Ферменты (лат. «ферментум» — закваска) — белки, присутствующие во всех живых клетках и играющие роль биологических катализаторов. Синтезируются из аминокислот на рибосомах в соответствии с генетическим кодом. Ферменты способны увеличивать скорость реакции в десятки миллионов раз по сравнению со скоростью той же реакции в отсутствие фермента. Подавляющее большинство ферментов по своей химической природе являются белками; они имеют сложное строение и обычно обладают четвертичной структурой. Кроме того, ферменты могут иметь в своем составе и небелковые компоненты, которыми обычно являются либо ионы металлов, либо витамины или их предшественники (именно этим и определяется важная роль витаминов в организме). Белковая часть фермента называется апо-

фермент, небелковая — кофактор (если это ион металла или простое неорганическое вещество) или кофермент (коэнзим) — если это органическое соединение. Функция ферментов в реакции в основном заключается в том, что они снижают энергию активации субстратов. Ферменты высокоспецифичны, т. е. способны отличать «свои» субстраты от других родственных молекул. Для объяснения специфичности ферментов в 90-х гг. XIX в. Р. Фишером была предложена аналогия «замок — ключ» — фермент и субстрат по своему строению соответствуют друг другу, как замок и ключ. Общепринятой ныне является гипотеза индуцированного соответствия, предложенная Д. Кошландом в 1959 г. Согласно этой гипотезе связывание субстрата и фермента вызывает в ферменте небольшие изменения формы молекулы, в результате чего каталитические группы фермента ориентируются таким образом, что становится возможным образование конечного продукта. Согласно современной классификации все ферменты подразделяются на шесть классов в зависимости от типа катализируемых реакций (см. табл. 29); названия всех ферментов имеют окончание -*аза*.

В клетках они образуют ферментные системы противоположного действия, что обеспечивает регуляцию жизнедеятельности; одни ферменты участвуют в анаболизме (синтез органических веществ), другие — в катаболизме (расщепление). Ни один процесс в клетке не проходит без участия ферментов. При этом ферменты действуют в строго определенной последовательности, они специфичны для каждого вещества и ускоряют только определенные реакции. В клетках действуют многочисленные ферментные конвейеры: с веществом производятся определенные «операции», пока не будет создано «готовое изделие» — строительный блок, полимер или конечный продукт метаболизма. С обязательным участием ферментов происходит самоудвоение ДНК, синтез РНК, белков, АТФ, фотосинтез, дыхание и другие процессы. Ферменты ускоряют химические процессы в клетках в миллионы раз. В народном хозяйстве также широко применяют ферменты: они используются в пищевой промышленности (приготовление безалкогольных напитков, консервов, колбас, копченостей); животноводстве (приготовление кормов); медицине (изготовление лекарств и питательных сред); в производстве ряда фотоматериалов, при обработке льна, конопли и других волокнистых культур, а также кожи, бумаги.

Фибриллярные белки — белки, молекулы которых в полной пространственной структуре имеют сильно вытянутую форму (фибрилла). Фибриллярными белками являются коллаген (входит в состав сухожилий, костей, хрящей, кожи, зубов), белки — компоненты нитей поперечнополосатых мышц, белок шелка фиброин, кератины — белки шерсти, волос, перьев, рогов, копыт, ногтей, когтей.

Фосфолипиды — липиды, имеющие в своем составе остаток фосфорной кислоты. Наиболее распространены фосфолипиды — производные жиров, хотя и встречаются фосфолипиды — производные других спиртов.



ТЕМА. Строение и функции клетки

Цитоплазма. Строение и функции наружной клеточной мембраны, эндоплазматической сети, рибосом, митохондрий и пластид, комплекса Гольджи, лизосом, клеточного центра, органоидов движения. Ядро, строение и функции в период интерфазы.

Задание 7

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Дать подписи к рисункам 1–2.
- Выполнить контрольные работы № 8–12.
- Изучить по схеме 7 классификацию клеточных структур.
- Проанализировать таблицу 32 и текст к ней.
- Привести в систему свои знания, пользуясь таблицами 33–35.
- По терминологическому словарю уточнить и проверить свои знания.

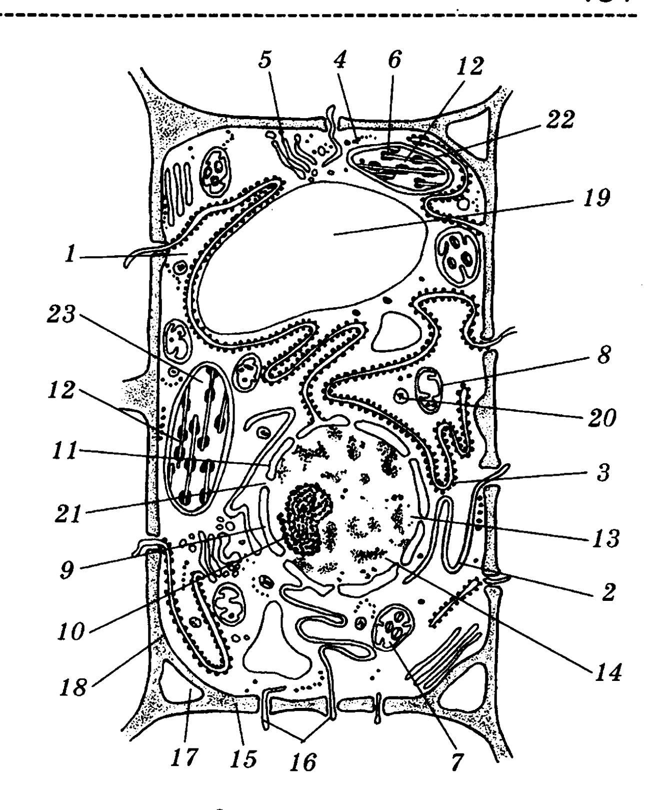


Рис. 1. Растительная клетка

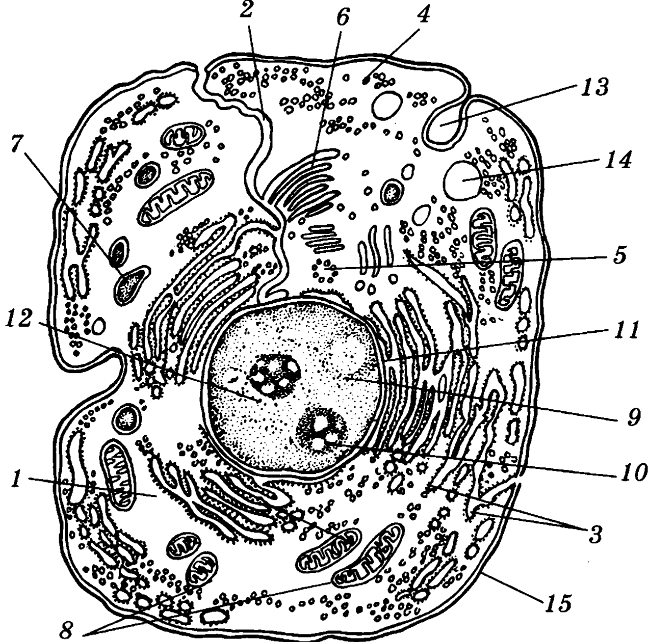
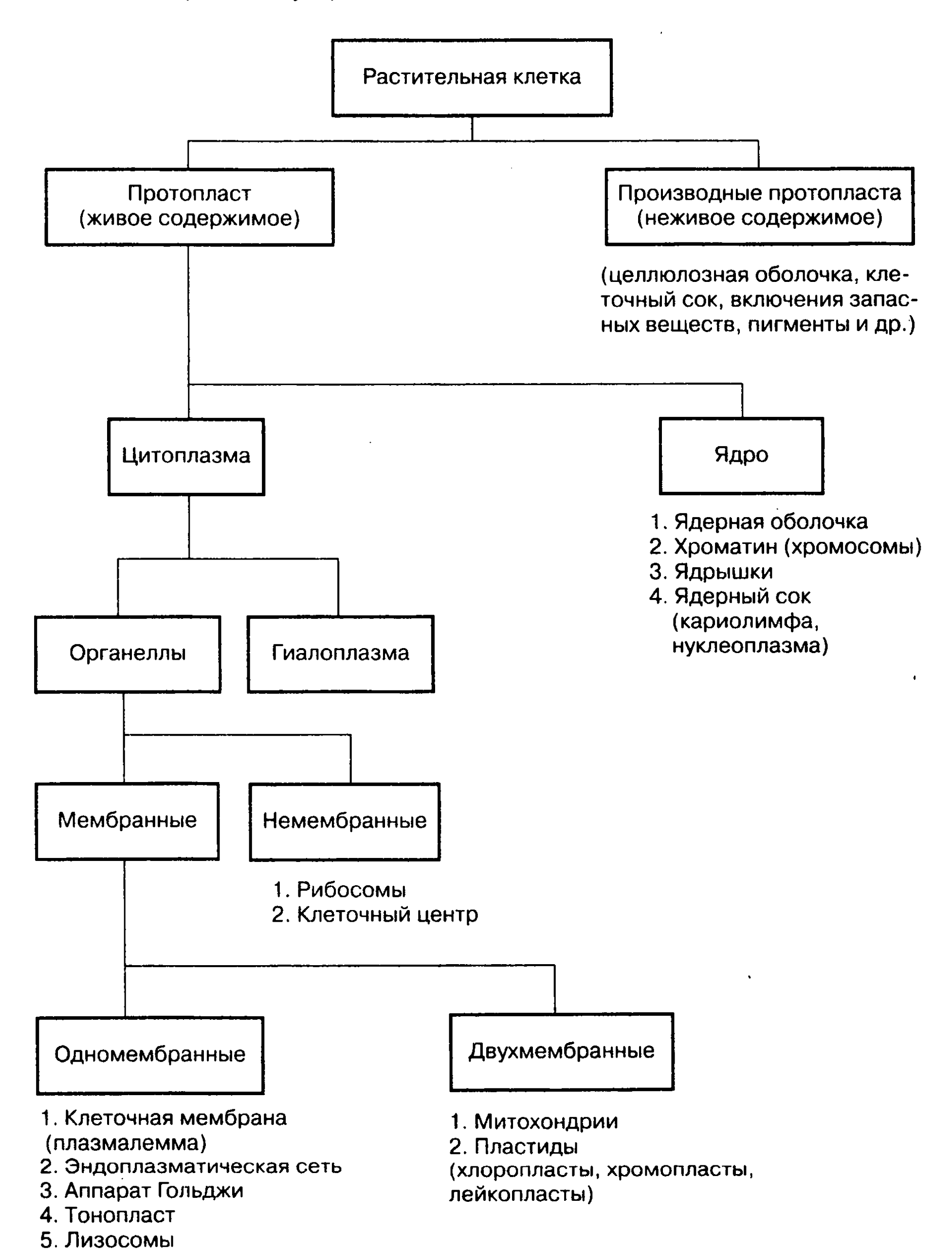


Рис. 2. Животная клетка

Схема 7. Строение эукариотической клетки



Вопросы для самоконтроля (цитоплазма, ядро)

- Какие части клетки были изучены с помощью светового микроскопа?
- Какие органеллы клетки обнаружены при помощи электронного микроскопа?
- Из чего состоит мембрана живой клетки и какими свойствами она обладает?
- Какие функции выполняет мембрана живой клетки, покрывающая цитоплазму?
- Что такое осморегуляция живой клетки?
- Какие клеточные органеллы имеют мембранное строение?
- У каких органелл двойные мембраны?
- Какие органеллы не имеют мембранного строения?
- Что входит в понятие «структурные системы клетки»?
- Какие органеллы входят в состав системы цитоплазмы?
- Каковы строение и функции эндоплазматической сети (ЭПС)?
- Каковы строение и функции митохондрий?
- Какие особенности строения аппарата Гольджи связаны с выполняемыми им функциями?
- Какую функцию выполняют рибосомы?
- Какие пластиды содержат растительные клетки?
- Каково внутреннее (субмикроскопическое) строение хлоропласта?
- Какие пигменты находятся в хлоропластах и хромопластах?
- Каковы строение и функция хромопластов и лейкопластов?
- Как устроен и функционирует клеточный центр?
- Из каких компонентов состоит система ядра?
- Каковы основные функции ядра?
- Как устроена ядерная оболочка?
- Какие структуры ядра содержат молекулы ДНК?
- Что такое ядерный сок? Какова его функция?
- Что общего между ядерным соком и гиалоплазмой (матрикс цитоплазмы)?

Контрольная работа № 8 (мембранные структуры)

1. Какие особенности живой клетки зависят от функционирования биологических мембран (избирательная проницаемость, поглощение и удержание воды, ионный обмен, изоляция от окружающей среды и связь с ней)?
2. Из каких молекул состоит биологическая мембрана (белки, липиды, углеводы, вода, АТФ)?
3. Какой из компонентов мембраны обусловливает свойство избирательной проницаемости (белки, липиды)?
4. Каково строение липидного слоя в мембране (мономолекулярный, бимолекулярный, непрерывный, прерван белковыми порами, частично прерван полупогруженными молекулами белка)?

5. Через какие участки мембраны проводятся вода (липидный слой, белковые поры), ионы (липидный слой, белковые поры)?

6. Каким образом проходят через мембрану крупные белковые молекулы и частицы (фагоцитоз, пиноцитоз)?

7. Какие органеллы цитоплазмы имеют одномембранное строение (наружная клеточная мембрана, ЭПС, митохондрии, пластиды, рибосомы, комплекс Гольджи, лизосомы)?

8. Какие органеллы цитоплазмы имеют двухмембранное строение (ЭПС, митохондрии, пластиды, комплекс Гольджи)?

9. Какие органеллы цитоплазмы имеют немембранное строение (ЭПС, митохондрии, пластиды, рибосомы, лизосомы)?

10. Чем отделена цитоплазма клетки от окружающей среды (мембранами ЭПС, наружной клеточной мембраной)? У каких клеток поверх наружной клеточной мембраны находится целлюлозная стенка (растительная, животная)?

11. Какая органелла связывает клетку в единое целое, осуществляет транспорт веществ, участвует в синтезе белков, жиров, сложных углеводов (наружная клеточная мембрана, ЭПС, комплекс Гольджи)?

Контрольная работа № 9 (рибосомы)

1. Какое строение имеют рибосомы (одномембранное, двухмембранное, немембранное)?

2. Из скольких субъединиц состоит рибосома (1, 2, 3)?

3. Где образуются субъединицы рибосом (цитоплазма, ядро, вакуоли)?

4. В какой из ядерных структур идет сборка субъединиц рибосом (ядерный сок, ядрышко, ядерная оболочка)?

5. Что входит в состав рибосом (белки, липиды, ДНК, РНК)?

6. В каких органеллах клетки находятся рибосомы (цитоплазма, гладкая ЭПС, шероховатая ЭПС, митохондрии, пластиды, ядерная оболочка)?

7. Какую функцию выполняют рибосомы (фотосинтез, синтез белков, синтез жиров, синтез АТФ, транспортная функция)?

Контрольная работа № 10 (митохондрии)

1. Какое строение имеют митохондрии (одномембранное, двухмембранное, немембранное)?

2. Как называются внутренние структуры митохондрий (граны, кристы, матрикс)?

3. В какой части митохондрий происходит окисление органических веществ (кристы, матрикс, наружная мембрана митохондрии, вне митохондрии)?
4. Где происходит синтез АТФ (кристы, матрикс, наружная мембрана митохондрии, вне митохондрии); расщепление (кристы, матрикс, наружная мембрана митохондрии, вне митохондрии)?
5. Где в митохондриях находятся молекулы ДНК, РНК, рибосомы (кристы, наружная мембрана, матрикс)?
6. Почему митохондрии называют энергетическими станциями клеток (осуществляют синтез белка, синтез АТФ, синтез углеводов, расщепление АТФ)?
7. Какая функция митохондрий дала им название — дыхательный центр клетки (синтез АТФ, окисление органических веществ до CO_2 и H_2O, расщепление АТФ, усвоение O_2)?

Контрольная работа № 11 (пластиды)

1. Какие органеллы характерны только для растительных клеток (ЭПС, рибосомы, митохондрии, пластиды)?
2. Какие органеллы являются общими для растительной и животной клетки (ЭПС, рибосомы, митохондрии, пластиды)?
3. Какие из пластид имеют зеленый цвет (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), какие — оранжево-красный цвет (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), какие — бесцветные (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты)?
4. Какие пластиды содержат пигмент хлорофилл (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты)?
5. К какой группе органелл относятся пластиды (одномембранные, двухмембранные, немембранные)?
6. Какие структуры образованы внутренней мембраной хлоропласта (тилакоиды гран, тилакоиды стромы, строма, кристы)?
7. В какой из мембран хлоропласта локализованы пигменты хлорофилл и каротин (наружная мембрана, тилакоиды гран, строма)?
8. В какой части хлоропласта находятся молекулы ДНК, РНК, рибосомы (наружная мембрана, граны, строма)?
9. Благодаря каким особенностям пластиды и митохондрии являются полуавтономными органеллами (имеют свой генетический код, имеют двухмембранное строение, синтезируют АТФ)?
10. Какие из пластид выполняют следующие функции: фотосинтез (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), накопление запасного крахмала (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты), окраска лепестков, плодов и осенних листьев (лейкопласты, хлоропласты, хромопласты)?

Таблица 32. Способы переноса вещества через клеточную мембрану*

Название способа переноса	Направление переноса	Переносимые вещества	Затраты энергии	Описание способа
Диффузия:				
через липидный слой	По градиенту концентраций	O_2, CO_2, мочевина, этанол	Без затрат энергии (пассивный процесс)	Мелкие нейтральные молекулы просачиваются между молекулами липидов. Гидрофобные вещества, как правило, диффундируют быстрее гидрофильных. (Ионы и крупные молекулы не могут пересечь липидный бислой.)
через белковые поры	То же	Ионы (в т. ч. Ca^{2+}, K^+, Na^+), вода	То же	Трансмембранные (интегральные) белки могут иметь водные каналы, по которым ионы или полярные молекулы пересекают мембрану, минуя гидрофобные хвосты липидов
Облегченная диффузия	По градиенту концентраций	Глюкоза, лактоза, аминокислоты, нуклеотиды, глицерин	Без затрат энергии (пассивный процесс)	Белок-переносчик, находящийся в клеточной мембране, на одной стороне мембраны присоединяет молекулу или ион. Это изменяет форму молекулы переносчика, и его положение в мембране изменяется так, что молекула или ион выделяются уже с другой стороны мембраны

* Механизмы транспорта через мембрану клеточных органелл аналогичны.

Продолжение табл. 32

Название способа переноса	Направление переноса	Переносимые вещества	Затраты энергии	Описание способа
Активный транспорт	Против градиента концентраций	Na^+ и K^+, H^+, аминокислоты в кишечнике, Ca^{2+} в мышцах, Na^+ и глюкоза в почках	С затратами энергии (активый процесс)	Как и облегченная диффузия, осуществляется белками-переносчиками. Но в данном случае изменение формы молекулы переносчика (ее конформация) вызывается присоединением не молекулы переносимого вещества, а фосфатной группы, отделившейся от молекулы АТФ в ходе гидролиза. Процесс идет за счет энергии, выделяющейся при гидролизе АТФ. После изменения формы переносчика транспортируемая молекула оказывается уже по другую сторону мембраны
Фагоцитоз**	Против градиента концентраций	Крупные макромолекулы и твердые частицы	С затратами энергии (активный процесс)	В месте контакта с частицами мембрана впячивается, затем формируется пузырек, который отшнуровывается от клеточной мембраны и поступает в цитоплазму.

** Выделение из клетки наружу твердых частиц называется «обратный фагоцитоз» (например, удаление непереваренных частиц из пищеварительных вакуолей), выделение жидкости — обратный пиноцитоз (выведение жидкого секрета из секреторных клеток). Иногда механизмы активного транспорта крупных частиц и капель классифицируют несколько иначе. В зависимости от направления транспорта различают эндоцитоз (греч. «эндо» — внутри) — поглощение клеткой твердых частиц и капель жидкости и экзоцитоз (греч. «экзо» — снаружи) — их выведение из клетки. К эндоцитозу и относят фаго- и пиноцитоз, а к экзоцитозу — соответственно обратный фаго- и обратный пиноцитоз.

Окончание табл. 32

Название способа переноса	Направление переноса	Переносимые вещества	Затраты энергии	Описание способа
Фагоцитоз				Свойствен ряду простейших, кишечнополостным, клеткам крови — лейкоцитам, клеткам капилляров костного мозга, селезенки, печени, надпочечников
Пиноцитоз	Против градиента концентраций	Капли жидкости	С затратами энергии (активный процесс)	Поглощение капель жидкости по механизму, аналогичному фагоцитозу. Характерен для амебоидных простейших и ряда специализированных клеток многоклеточных — лейкоцитов, клеток печени, некоторых клеток почек

Как видно из таблицы 32, часто одно и то же вещество или ион могут поступать в клетку различными способами, однако скорости поступления могут сильно различаться (например, ионы K^+ и Na^+ могут либо медленно, пассивно диффундировать через мембраны, либо быстро и в больших количествах активно переноситься натрий-калиевым насосом). Именно наличие двух путей поступления в клетку одних и тех же ионов и делает возможным работу ионных насосов. Принципы работы насосов рассмотрены ниже, в словаре, на примере универсального натрий-калиевого насоса.

Он является наиболее распространенным в природе и наиболее хорошо изученным, однако не единственным. При помощи ионных насосов происходит активный транспорт ионов водорода в ходе синтеза АТФ (протонный или водородный насос), нагнетание ионов кальция в мышечные клетки, в клетках эпителия кишечника осуществляется активный транспорт аминокислот, в почках — глюкозы и натрия.

Таблица 33. Строение клетки. Структурная система цитоплазмы

Органеллы	Строение	Функции
Наружная клеточная мембрана	Ультрамикроскопическая пленка, состоящая из бимолекулярного слоя липидов. Цельность липидного слоя может прерываться белковыми молекулами — порами. Кроме того, белки лежат мозаично по обе стороны мембраны, образуя ферментные системы	Изолирует клетку от окружающей среды, обладает избирательной проницаемостью, регулирует процесс поступления веществ в клетку; обеспечивает обмен веществ и энергии с внешней средой, способствует соединению клеток в ткани, участвует в пиноцитозе и фагоцитозе; регулирует водный баланс клетки и выводит из нее конечные продукты жизнедеятельности
Эндоплазматическая сеть (ЭПС)	Ультрамикроскопическая система мембран, образующих трубочки, канальцы, цистерны, пузырьки. Строение мембран универсальное (как и наружной), вся сеть объединена в единое целое с наружной мембраной ядерной оболочки и наружной клеточной мембраной. Гранулярная ЭПС несет рибосомы, гладкая — лишена их	Обеспечивает транспорт веществ как внутри клетки, так и между соседними клетками. Делит клетку на отдельные секции, в которых одновременно происходят различные физиологические процессы и химические реакции. Гранулярная ЭПС участвует в синтезе белка. В каналах ЭПС молекулы белка приобретают вторичную, третичную и четвертичную структуры, синтезируются жиры, транспортируется АТФ
Рибосомы	Ультрамикроскопические органеллы округлой или грибовидной формы, состоящие из двух частей — субъединиц. Они не имеют мембранного строения и состоят из белка и рРНК. Субъединицы образуются в ядрышке. Объединяются вдоль молекулы иРНК в цепочки — полирибосомы — в цитоплазме	Универсальные органеллы всех клеток животных и растений. Находятся в цитоплазме в свободном состоянии или на мембранах ЭПС; кроме того, содержатся в митохондриях и хлоропластах. В рибосомах синтезируются белки по принципу матричного синтеза; образуется полипептидная цепочка — первичная структура молекулы белка

Продолжение табл. 33

Органеллы	Строение	Функции
Митохондрии	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Внешняя мембрана гладкая, внутренняя — образует различной формы выросты — кристы. В матриксе митохондрии (полужидком веществе) находятся ферменты, рибосомы, ДНК, РНК. Размножаются делением	Универсальная органелла, являющаяся дыхательным и энергетическим центром. В процессе кислородного (окислительного) этапа диссимиляции в матриксе с помощью ферментов происходит расщепление органических веществ с освобождением энергии, которая идет на синтез АТФ (на кристах)
Лейкопласты	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Внутренняя мембрана образует 2–3 выроста. Форма округлая. Бесцветны. Как и все пластиды, способны к делению	Характерны для растительных клеток. Служат местом отложения запасных питательных веществ, главным образом крахмальных зерен. На свету их строение усложняется и они преобразуются в хлоропласты. Образуются из пропластид
Хлоропласты	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Наружная мембрана гладкая. Внутренняя мембрана образует систему двухслойных пластин — тилакоидов стромы и тилакоидов гран. В мембранах тилакоидов гран между слоями молекул белков и липидов сосредоточены пигменты — хлорофилл и каротиноиды. В белково-липидном матриксе находятся собственные рибосомы, ДНК, РНК. Форма хлоропластов чечевицеобразная. Окраска зеленая	Характерны для растительных клеток. Органеллы фотосинтеза, способные создавать из неорганических веществ (CO_2 и H_2O) при наличии световой энергии и пигмента хлорофилла органические вещества — углеводы и свободный кислород. Синтез собственных белков. Могут образоваться из пропластид или лейкопластов, а осенью преобразоваться в хромопласты (красные и оранжевые плоды, красные и желтые листья). Способны к делению

Продолжение табл. 33

Органеллы	Строение	Функции
Хромопласты	Микроскопические органеллы, имеющие двухмембранное строение. Собственно хромопласты имеют шаровидную форму, а образовавшиеся из хлоропластов принимают форму кристаллов каротиноидов, типичную для данного вида растения. Окраска красная, оранжевая, желтая	Характерны для растительных клеток. Придают лепесткам цветков окраску, привлекательную для насекомых-опылителей. В осенних листьях и зрелых плодах, отделяющихся от растения, содержатся кристаллические каротиноиды — конечные продукты обмена
Аппарат Гольджи (диктиосома)	Микроскопические одномембранные органеллы, состоящие из стопочки плоских цистерн, по краям которых ответвляются трубочки, отделяющие мелкие пузырьки. Имеет два полюса: строительный и секреторный	В общей системе мембран любых клеток — наиболее подвижная и изменяющаяся органелла. В цистернах накапливаются продукты синтеза, распада и вещества, поступившие в клетку, а также вещества, которые выводятся из клетки. Упакованные в пузырьки, они поступают в цитоплазму: одни используются, другие выводятся наружу. В растительной клетке участвует в построении клеточной стенки
Лизосомы	Микроскопические одномембранные органеллы округлой формы. Их число зависит от жизнедеятельности клетки и ее физиологического состояния. В лизосомах находятся лизирующие (растворяющие) ферменты, синтезированные на рибосомах. Обособляются от диктиосом в виде пузырьков	Переваривание пищи, попавшей в животную клетку при фагоцитозе. Защитная функция. В клетках любых организмов осуществляют автолиз (саморастворение органелл), особенно в условиях пищевого или кислородного голодания. У растений органеллы растворяются при образовании пробковой ткани, сосудов древесины, волокон

Окончание табл. 33

Органеллы	Строение	Функции
Клеточный центр	Ультрамикроскопическая органелла немембранного строения. Состоит из двух центриолей. Каждая имеет цилиндрическую форму, стенки образованы девятью триплетами трубочек, а в середине находится однородное вещество. Центриоли расположены перпендикулярно друг другу	Принимает участие в делении клеток животных и низших растений. В начале деления (в профазе) центриоли расходятся к разным полюсам клетки. От центриолей к центромерам хромосом отходят нити веретена деления. В анафазе эти нити притягивают хроматиды к полюсам. После окончания деления центриоли остаются в дочерних клетках, удваиваются и образуют клеточный центр
Органоиды движения	Реснички — многочисленные цитоплазматические выросты на поверхности мембраны	Удаление частичек пыли (реснитчатый эпителий верхних дыхательных путей), передвижение (одноклеточные организмы)
	Жгутики — единичные цитоплазматические выросты на поверхности клетки	Передвижение (сперматозоиды, зооспоры, одноклеточные организмы)
	Ложные ножки (псевдоподии) — амебовидные выступы цитоплазмы	Образуются у одноклеточных животных в разных местах цитоплазмы для захвата пищи, для передвижения. Характерны для лейкоцитов крови, а также клеток энтодермы кишечнополостных
	Миофибриллы — тонкие нити длиной до 1 см и более	Служат для сокращения мышечных волокон
	Цитоплазма, осуществляющая струйчатое и круговое движение	Перемещение органелл клетки по отношению к источнику света (при фотосинтезе), тепла, химического раздражителя

Ядро

Контрольная работа № 12

1. Для каких организмов характерно ядро (прокариоты, эукариоты)?

2. С появлением какой структуры ядро обособилось от цитоплазмы (хромосомы, ядрышко, ядерный сок, ядерная оболочка)?

3. Что представляет собой ядерная оболочка (сплошная или пористая; одномембранная или двухмембранная)?

4. Какая ядерная структура несет наследственные свойства организма (ядерная оболочка, ядерный сок, хромосомы, ядрышко)?

5. В какой части ядра находится молекула ДНК (ядерный сок, хромосомы, ядерная оболочка)?

6. Различаются ли в пределах ядра хромосомы по строению (да, нет), по функциям (да, нет), по составу (да, нет)?

7. Различаются ли в норме наборы хромосом одной клетки от другой в одном организме (да, нет, некоторые)?

8. Различаются ли по химическому составу хромосомы и хроматин (да, нет)?

9. В каком состоянии находятся хромосомы к началу деления клеток (спирализованные, деспирализованные; однохроматидные, двухроматидные)?

10. Как называются продольные половины митотической хромосомы (плечи, хроматиды), поперечные части (хроматиды, плечи)?

11. Где расположена центромера на хромосоме (на первичной перетяжке, на вторичной перетяжке)?

12. Где находится ядрышко на хромосоме (на первичной перетяжке, на вторичной перетяжке)?

13. Все ли хромосомы несут ядрышко (все, одна, несколько)?

14. Какая из ядерных структур принимает участие в сборке субъединиц рибосом (ядерная оболочка, ядрышко, ядерный сок)?

15. Каковы функции ядра (хранение и передача наследственной информации, участие в делении клеток, участие в биосинтезе белка, синтез ДНК, РНК, формирование субъединиц рибосом)?

Таблица 34. Структурная система ядра

Структуры	Строение	Функции
Ядерная оболочка	Двухмембранная пористая. Наружная мембрана переходит в мембраны ЭПС. Свойственна всем клеткам животных и растений, кроме бактерий и синезеленых, которые не имеют ядра	Отделяет ядро от цитоплазмы. Регулирует транспорт веществ из ядра в цитоплазму (РНК, субъединицы рибосом) и из цитоплазмы в ядро (белки, жиры, углеводы, АТФ, вода, ионы, нуклеотиды)
Хромосомы (хроматин)	В интерфазной клетке хроматин имеет вид мелкозернистых нитевидных структур, состоящих из молекул ДНК и белковой (нуклеопротеидной) обкладки. В делящихся клетках хроматиновые структуры спирализуются и образуют хромосомы. Хромосома состоит из двух хроматид и после деления ядра становится однохроматидной. К началу следующего деления у каждой хромосомы достраивается вторая хроматида. Хромосомы имеют первичную перетяжку, на которой расположена центромера; перетяжка делит хромосому на два плеча одинаковой или разной длины. У ядрышковых хромосом есть вторичная перетяжка	Хроматиновые структуры — носители ДНК. ДНК состоит из участков — генов, несущих наследственную информацию и передающихся от предков к потомкам через половые клетки. Совокупность хромосом, а следовательно, и генов половых клеток родителей передается детям, что обеспечивает устойчивость признаков, характерных для данной популяции, вида. В хромосомах синтезируются ДНК, РНК, что служит необходимым фактором передачи наследственной информации при делении клеток и построении молекул белка
Ядрышко	Шаровидное тело, напоминающее клубок нитей. Состоит из белка и рРНК. Образуется на вторичной перетяжке ядрышковой хромосомы. При делении клеток распадается	Формирование половинок рибосом из рРНК и белка. Половинки (субъединицы) рибосом через поры в ядерной оболочке выходят в цитоплазму и объединяются в рибосомы
Ядерный сок (кариолимфа)	Полужидкое вещество, представляющее собой коллоидный раствор белков, нуклеиновых кислот, углеводов, минеральных солей. Реакция кислая	Участвует в транспорте веществ и ядерных структур, заполняет пространство между ядерными структурами; во время деления клеток смешивается с цитоплазмой

Таблица 35. Сравнение растительной и животной клетки

Признаки	Растительная клетка	Животная клетка
Общие признаки		
1. Единство структурных систем — цитоплазмы и ядра. 2. Сходство процессов обмена веществ и энергии. 3. Единство принципа наследственного кода. 4. Универсальное мембранное строение. 5. Единство химического состава. 6. Сходство процесса деления клеток.		
Отличительные признаки		
Пластиды	Хлоропласты, хромопласты, лейкопласты	Отсутствуют
Способ питания	Автотрофный (фототрофный, хемотрофный)	Гетеротрофный (сапротрофный, паразитический)
Синтез АТФ	В хлоропластах, митохондриях	В митохондриях
Расщепление АТФ	В хлоропластах и всех частях клетки, где необходимы затраты энергии	Во всех частях клетки, где необходимы затраты энергии
Клеточный центр	У низших растений	Во всех клетках
Целлюлозная клеточная стенка	Расположена снаружи от клеточной мембраны	Отсутствует
Включения	Запасные питательные вещества в виде зерен крахмала, белка, капель масла; вакуоли с клеточным соком; кристаллы солей	Запасные питательные вещества в виде зерен и капель (жиры, углевод гликоген); конечные продукты обмена, кристаллы солей; пигменты
Вакуоли	Крупные полости, заполненные клеточным соком — водным раствором различных веществ, являющихся запасными или конечными продуктами. Осмотические резервуары клетки	Сократительные, пищеварительные, выделительные вакуоли. Обычно мелкие

Окончание табл. 35

Признаки	Растительная клетка	Животная клетка
Связь между клетками	Плазмодесмы	Перенос через мембраны
Деление цитоплазмы при митозе и мейозе	Клеточная перегородка строится в центробежном направлении	Перетяжка образуется в центростремительном направлении
Гликокаликс на наружной мембране	Отсутствует	Имеется

Словарь основных терминов и понятий

Аппарат Гольджи (комплекс Гольджи, диктиосомы) — одномембранные органеллы, открытые в 1889 г. итальянским ученым К. Гольджи в животных клетках. В растительных клетках эти органеллы обнаружены лишь с помощью электронного микроскопа. Диктиосома представляет собой стопочку из 5–10 плоских цистерн, по краям которых отходят ветвящиеся трубочки и мелкие пузырьки. Она входит в состав системы мембран: наружная мембрана ядерной оболочки — эндоплазматическая сеть — аппарат Гольджи — наружная клеточная мембрана. В этой системе происходит синтез и перенос различных соединений, а также веществ, выделяемых клеткой в виде секрета или отбросов. Кроме того, диктиосомы принимают участие в образовании лизосом, вакуолей, в накоплении углеводов, в построении клеточной стенки (у растений). Так, при образовании пищеварительных ферментов их молекулы не выходят в цитоплазму, а погружаются в канал эндоплазматической сети, по которому доставляются в диктиосому, там упаковываются в пузырек и отделяются в виде лизосом. Лизосома принимает участие в расщеплении органических макромолекул, отработавших органелл или пищевых частиц. Общее число диктиосом в клетке — до 20.

Включения — внутриклеточные образования, характерные для растительной и животной клеток, представленные в основном запасными питательными веществами: маслами, жирами, зернами крахмала, глыбками гликогена и белка. Сюда же относят-

ся вакуоли с клеточным соком, кристаллы солей, пигменты (водно-растворимые красящие вещества). Включения обычно вновь принимают участие в процессе метаболизма клетки, при этом органические вещества могут быть энергетическим или строительным материалом, а неорганические вступают в процессы ионного обмена.

Диффузия — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Клеточный центр (центросома) — органелла немембранного строения, имеющаяся во всех клетках животных, грибов, водорослей, мхов. Состоит из двух центриолей, расположенных перпендикулярно друг другу и окруженных цитоплазмой (центросферой). Каждая центриоль имеет цилиндрическую форму, стенки ее образованы девятью триплетами трубочек, а в середине находится однородное вещество. В клетке центросома располагается вблизи ядра. Во время деления клеток (в профазе) она делится на две части: одна центриоль отходит к одному полюсу клетки, вторая — к другому, определяя таким образом положение полюсов. Затем от центриолей отходят нити веретена деления и прикрепляются к центромерам хромосом. В анафазе эти нити притягивают хромосомы к полюсам клетки. После окончания деления центриоли остаются в дочерних клетках, удваиваются и образуют клеточный центр.

Лейкопласты (греч. «лейкос» — белый) — бесцветные мелкие пластиды округлой формы с очень простым строением. Образуются из пропластид. Представляют собой двухмембранные органеллы: внутренняя мембрана образует два-три выступа в строму, наружная — гладкая. Их функция — запасание питательных веществ, чаще всего крахмала. Характерны для растительных клеток эндосперма семян, клубней, корнеплодов, а также зародышей семян, яйцеклеток, спор. На свету лейкопласты начинают менять свою структуру и превращаются в хлоропласты (позеленение клубня картофеля).

Лизосомы (греч. «лизис» — растворение и «сома» — тело) — субмикроскопические органеллы, представляющие собой мембранные пузырьки диаметром около 0,5 мкм. Открыты в 1955 г. с помощью электронного микроскопа. Лизосомы содержат изолированные от остальной цитоплазмы пищеварительные ферменты, которые, будучи в свободном состоянии, расщепляют вещества самой цитоплазмы. Эти ферменты образуются на рибосомах, затем поступают в канал ЭПС, оттуда в комплекс Гольджи, где формируются лизосомы и отделяются от него в виде маленьких пузырьков

с пищеварительными ферментами. Они принимают участие в фагоцитозе, образуя пищеварительные вакуоли, в удалении отмирающих органелл, целых клеток или органов. Лизосомы называют «орудиями самоубийства клетки», их роль значительна, особенно в условиях пищевого и кислородного голодания. В клетках растений автолизу (саморастворению) подвержены протопласты клеток сосудов, механических волокон, пробковой ткани, поскольку эти ткани состоят только из клеточных стенок, подвергшихся одревеснению или опробковению.

Мембраны биологические. Термин «мембрана» (лат. membrana — кожица, пленка) начали использовать более 100 лет назад для обозначения клеточной границы, служащей, с одной стороны, барьером между содержимым клетки и внешней средой, а с другой — полупроницаемой перегородкой, через которую могут проходить вода и некоторые вещества. Однако этим функции мембран не исчерпываются, поскольку биологические мембраны составляют основу структурной организации клетки (иными словами, многие органеллы клетки состоят из мембран, т. е. имеют мембранное строение). Первая гипотеза строения клеточной мембраны была выдвинута Дж. Даниелли и Х. Давсоном в 1935 г. Согласно этой гипотезе мембрана представляет собой трехслойный «сэндвич», где двойной слой (бислой) липидных молекул заключен между двумя слоями белка. В 1950–1960 гг. благодаря широкому использованию электронной микроскопии были предложены уточненные варианты этой классической мо-

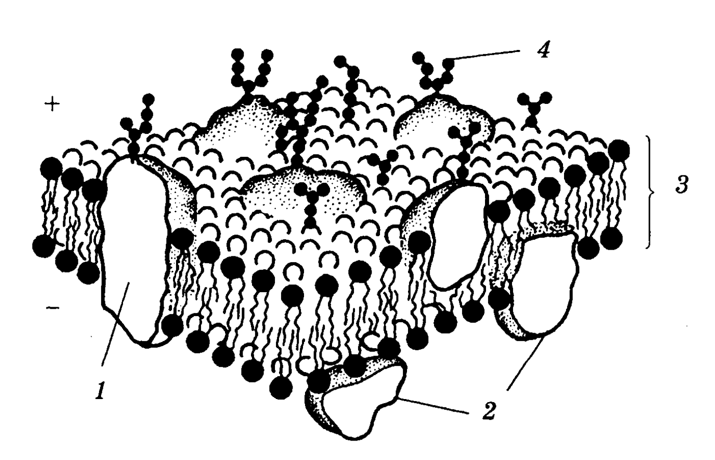


Рис. 3. Клеточная мембрана:
1 — белковая пора, *2* — полупогруженные молекулы белков, *3* — бимолекулярный слой липидов, *4* — гликокаликс (гликопротеидный комплекс — указатель типа клеток)

дели — В. Стейн и Дж. Даниелли (1956), Дж. Д. Робертсон (1960) и др. На основании полученных к тому времени экспериментальных данных Дж. Д. Робертсон в 1959 г. предположил, что все мембраны (как плазматические, окружающие клетки, так и внутриклеточные) построены по единому принципу, т. е. сформулировал гипотезу элементарной мембраны. К началу 70-х гг. накопилось много новых фактов, на основании которых С. Дж. Сингер и Г. Л. Николсон предложили в 1972 г. новую жидко-мозаичную модель строения биологической мембраны, являющуюся в настоящее время общепризнанной.

Строение мембраны. Согласно этой модели основой мембраны является липидный бислой (двойной слой), в котором гидрофобные хвосты молекул обращены внутрь, а гидрофильные головки — наружу. Липиды представлены фосфолипидами — производными глицерина или сфингозина. С липидным слоем связаны белки: они могут примыкать к липидному слою, погружаться в него или же пронизывать насквозь. Интегральные (трансмембранные) белки пронизывают мембрану насквозь и прочно с ней связаны; периферические белки не пронизывают мембрану и связаны с ней менее прочно. Функции мембранных белков различны: поддержание структуры мембран, получение и преобразование сигналов из окружающей среды, транспорт некоторых веществ, катализ реакций, происходящих на мембранах. Толщина мембраны составляет от 6 до 10 нм.

Свойства мембраны:

1. Текучесть. Мембрана не представляет собой жесткую структуру — большая часть входящих в ее состав белков и липидов может перемещаться в плоскости мембраны.

2. Асимметрия. Состав наружного и внутреннего слоев как белков, так и липидов различен. Кроме того, плазматические мембраны животных клеток снаружи имеют слой гликопротеинов (гликокаликс, выполняющий сигнальную и рецепторную функции, а также имеющий значение для объединения клеток в ткани).

3. Полярность. Внешняя сторона мембраны несет положительный заряд, а внутренняя — отрицательный.

4. Избирательная проницаемость. Мембраны живых клеток пропускают, помимо воды, лишь определенные молекулы и ионы растворенных веществ. (Использование по отношению к мембранам клеток термина «полупроницаемость» не совсем корректно, так как это понятие подразумевает то, что мембрана пропускает только молекулы растворителя, задерживая при этом все молекулы и ионы растворенных веществ.)

Микроскопические структуры — структуры, открытые с помощью светового микроскопа: клетка, ядро, хромосомы, митохондрии, пластиды, аппарат Гольджи и многочисленные одноклеточные организмы. Световой микроскоп был изготовлен Г. Галилеем в 1609 г. на основе подзорной трубы, но для биологических исследований он был использован позднее. Так, клеточное строение было открыто в 1665 г. английским ученым Р. Гуком, который обнаружил его на тончайшем срезе пробки дуба. Принцип работы светового микроскопа заключается в том, что через излучаемый объект проходит луч света, а система линз объектива и окуляра дает увеличенное изображение объекта. Пределом разрешающей способности этого типа микроскопа является половина длины волны света, т. е. 0,3–0,4 мкм, а этого недостаточно, чтобы видеть детали крупных структур или мелкие клеточные структуры даже при увеличении в 3000 раз. Преимущество светового микроскопа заключается в том, что он позволяет наблюдать не только живые клетки, но и одноклеточные организмы в той среде, где они живут.

Митохондрии (греч. «митос» — нить, «хондрион» — зерно, гранула) — органеллы, характерные для большинства клеток растений и животных. Имеют изменчивую форму палочек, зернышек, нитей длиной 2,0–7,0 мкм, диаметром 0,5–1,0 мкм. Открыты в 1894 г. Р. Альтманом с помощью светового микроскопа, но внутреннее строение их изучено позднее лишь с помощью электронного микроскопа. Митохондрии имеют двухмембранное строение. Внешняя мембрана гладкая, внутренняя образует различной формы выросты — трубочки (растительная клетка) или кристы (лат. «криста» — гребень) в клетках животных. Пространство внутри митохондрии заполнено полужидким содержимым (матриксом), куда входят ферменты, белки, липиды, соли кальция и магния, витамины, а также РНК, ДНК и рибосомы. На поверхности крист расположены цепи ферментов, катализирующих синтез АТФ из АДФ и Ф, поэтому митохондрии называют энергетическими станциями клеток. Выделение энергии для синтеза АТФ происходит при окислении органических соединений (дыхании) на третьем (кислородном) этапе диссимиляции (катаболизма), поэтому митохондрии называют еще дыхательными центрами клеток, так как именно в этих органеллах усваивается кислород и выделяется двуокись углерода и вода. На внешней мембране происходит выделение

АТФ и поглощение АДФ и Ф. Кроме того, в митохондриях, в соответствии с генетическим кодом митохондриальной ДНК, синтезируется небольшое количество собственных белков. Эти белки входят в состав внутренней мембраны и участвуют в физиологических процессах. Частичная автономность митохондрий послужила основой для гипотезы о симбиотическом происхождении этих органелл. Митохондрии размножаются делением и живут около 10 дней, после чего подвергаются разрушению.

Наружная клеточная мембрана (плазмалемма) — ультрамикроскопическая пленка толщиной 7,5 нм, состоящая из белков, фосфолипидов и воды (см. рис. 3). Это очень эластичная пленка, хорошо смачивающаяся водой и быстро восстанавливающая целостность после повреждения. Имеет универсальное строение, т. е. типичное для всех биологических мембран. Пограничное положение этой мембраны, ее участие в процессах избирательной проницаемости, пиноцитозе, фагоцитозе, выведении продуктов выделения и синтеза, во взаимосвязи с соседними клетками и защите клетки от повреждений делает ее роль исключительно важной. Животные клетки снаружи от мембраны иногда бывают покрыты тонким слоем, состоящим из полисахаридов и белков, — гликокаликсом. У растительных клеток снаружи от клеточной мембраны находится прочная, создающая внешнюю опору и поддерживающая форму клетки клеточная стенка. Она состоит из клетчатки (целлюлозы) — нерастворимого в воде полисахарида.

Натрий-калиевый насос — это особый белок, пронизывающий всю толщу мембраны, который постоянно накачивает ионы калия внутрь клетки, одновременно выкачивая из нее ионы натрия; при этом перемещение обоих ионов происходит против градиентов их концентраций. Выполнение этих функций возможно благодаря двум важнейшим свойствам этого белка. Во-первых, форма молекулы переносчика может меняться. Эти изменения происходят в результате присоединения к молекуле переносчика фосфатной группы за счет энергии, выделяющейся при гидролизе АТФ (т. е. разложения АТФ до АДФ и остатка фосфорной кислоты). Во-вторых, сам этот белок действует как АТФ-аза (т. е. фермент, гидролизующий АТФ). Поскольку этот белок осуществляет транспорт натрия и калия и, кроме того, обладает АТФ-азной активностью, он так и называется — «натрий-калиевая АТФ-аза».

Упрощенно действие натрий-калиевого насоса можно представить следующим образом.

1. С внутренней стороны мембраны к молекуле белка-переносчика поступают АТФ и ионы натрия, а с наружной — ионы калия.
2. Молекула переносчика осуществляет гидролиз одной молекулы АТФ.
3. При участии трех ионов натрия за счет энергии АТФ к переносчику присоединяется остаток фосфорной кислоты (фосфорилирование переносчика); сами эти три иона натрия также присоединяются к переносчику.
4. В результате присоединения остатка фосфорной кислоты происходит такое изменение формы молекулы переносчика (конформация), что ионы натрия оказываются по другую сторону мембраны, уже вне клетки.
5. Три иона натрия выделяются во внешнюю среду, а вместо них с фосфорилированным переносчиком соединяются два иона калия.
6. Присоединение двух ионов калия вызывает дефосфорилирование переносчика — отдачу им остатка фосфорной кислоты.
7. Дефосфорилирование, в свою очередь, вызывает такую конформацию переносчика, что ионы калия оказываются по другую сторону мембраны, внутри клетки.
8. Ионы калия высвобождаются внутри клетки, и весь процесс повторяется.

Значение натрий-калиевого насоса для жизни каждой клетки и организма в целом определяется тем, что непрерывное откачивание из клетки натрия и нагнетание в нее калия необходимо для осуществления многих жизненно важных процессов: осморегуляции и сохранения клеточного объема, поддержания разности потенциалов по обе стороны мембраны, поддержания электрической активности в нервных и мышечных клетках, для активного транспорта через мембраны других веществ (сахаров, аминокислот). Большие количества калия требуются также для белкового синтеза, гликолиза, фотосинтеза и других процессов. Примерно треть всей АТФ, расходуемой животной клеткой в состоянии покоя, затрачивается именно на поддержание работы натрий-калиевого насоса. Если каким-либо внешним воздействием подавить дыхание клетки, т. е. прекратить поступление кислорода и выработку АТФ, то ионный состав внутреннего содержимого клетки начнет постепенно меняться. В конце концов он придет в равновесие с ионным составом среды, окружающей клетку; в этом случае наступает смерть.

Осмос — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Осмотический потенциал — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Осмотическое давление — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Пассивные процессы — процессы, не требующие затрат энергии (осмос, диффузия, облегченная диффузия).

Пигментно-белковые комплексы — участки мембран тилакоидов гран, где находятся пигменты, участвующие в фотосинтезе. В этих комплексах хлорофиллы связаны с глобулярными белками мембраны, а напротив них, между молекулами противоположного слоя липидов, размещены молекулы каротиноидов. Таким образом, фотосинтетические пигменты распределены по мембранам тилакоидов не равномерно, а образуют как бы вкрапления в виде описанных комплексов.

Плазмолиз — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Плазмолизированная клетка — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Пластиды (греч. «пластос» — вылепленный, оформленный) — органеллы двухмембранного строения. Открыты в 1676 г. А. Левенгуком с помощью светового микроскопа. Их строение изучено в XX в. с помощью электронного микроскопа. Существует три вида пластид — лейкопласты, хлоропласты и хромопласты, характерные для растительных клеток (см. рис. 4). Они имеют округлую или овальную форму, длину 4–12 мкм, толщину 1–3 мкм. Пластиды образуются из пропластид и размножаются путем деления. Кроме того, пластиды одного типа могут превращаться в другие. Самые простые по строению — лейкопласты (например, в клетках клубня картофеля), одни из них запасают крахмал, другие на свету могут превращаться в хлоропласты (в результате чего клубень зеленеет). Осенью хлоропласты превращаются в хромопласты и зеленые листья и плоды становятся красными, желтым, оранжевыми. Эти переходы одного типа пластид в другой необратимы. Из всех пластид наибольшую роль в жизнедеятельности клетки играют хлоропласты, в которых осуществляется фотосинтез. Пластиды, как и митохондрии, являются полуавтономными органеллами, так как имеют собственный генетический аппарат (ДНК, РНК), рибосомы и синтезируют собственные белки. Эта их особенность послужила основой гипотезы о симбиотическом происхождении хлоропластов от синезеленых предъядерных организмов, захваченных в процессе фагоцитоза более крупной гетеротрофной клеткой.

У одноклеточного животного эвглены зеленой также имеются пластиды — хроматофоры, поэтому для нее характерно автотрофное питание.

Потенциал электрический. В клетках между двумя сторонами плазматической мембраны постоянно поддерживается разность электрических потенциалов, иными словами, почти во всех случаях внутреннее содержимое клетки оказывается заряженным отрицательно по отношению к внешней среде, где заряд положительный. Такое состояние клетки обеспечивается непрерывной работой ионных насосов, в том числе и натрий-калиевого, который на каждые два поглощенных клеткой иона калия выводит из нее три иона натрия. Работа других ионных насосов усиливает эту тенденцию, и в результате из клетки катионов выносится больше, чем привносится. Кроме того, поскольку содержимое клетки оказывается заряженным отрицательно, анионы в клетку практически не поступают. Поэтому содержимое клетки и оказывается заряженным отрицательно по отношению к внешней среде. Разность потенциалов между двумя сторонами плазматической мембраны для разных клеток может составлять от 10 до 140 мВ.

Рибосомы — органеллы клетки, на которых происходит синтез белков. Открыты с помощью электронного микроскопа в 1955 г. американским ученым Дж. Паладе. Это субмикроскопические органеллы диаметром 15–35 нм, характерные для клеток всех организмов, начиная от бактерий и кончая человеком. В каждой клетке их содержится по нескольку тысяч. Рибосомы могут быть как ядерного, так и пластидного и митохондриального происхождения. У эукариот они более крупные — 80S, у прокариот, митохондрий и пластид — 70S. Большая часть рибосом образуется в ядрышке ядра в виде субъединиц и затем переходит в цитоплазму, где находится в свободном состоянии. Каждая рибосома в рабочем виде состоит из двух частей-субъединиц (большой и малой), которые соединяются в присутствии ионов магния на период синтеза белка, образуя комплекс с иРНК. Большая субъединица состоит из трех молекул рРНК и 34 молекул белка, малая — из одной молекулы рРНК и 21 молекулы белка. Мембран в рибосомах нет. На рибосомах, свободно расположенных в цитоплазме, синтезируются строительные белки, необходимые для внутреннего потребления клетки; на рибосомах шероховатой ЭПС синтезируются белки, выходящие за пределы клеток или не покидающие пределы мембранных структур

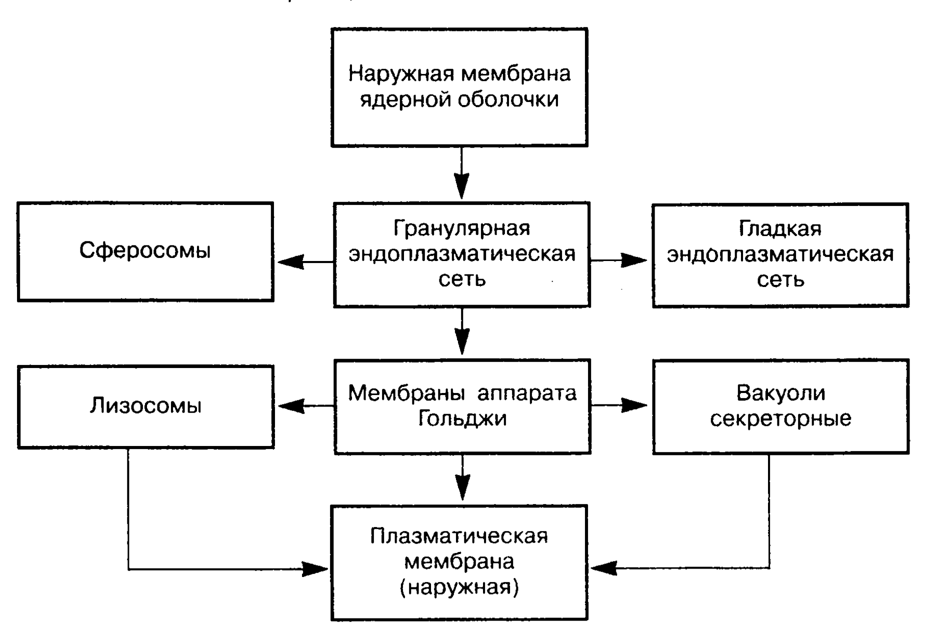
(секреты пищеварительных желез, расщепляющих ферменты, белки-антитела, гемоглобин), так как белковые молекулы непосредственно погружаются в каналы и цистерны ЭПС, где из них образуются сложные молекулы, транспортирующиеся в нужном направлении. Рибосомы митохондрий и пластид синтезируют собственные белки для нужд органелл.

Сосущая сила — см. *Транспорт воды через мембрану.*

Стенка клеточная — структура, отлагающаяся поверх клеточной (плазматической) мембраны. Свойственна растительным клеткам, а также клеткам грибов и прокариот. В животных клетках не встречается. Во время деления клетки и непосредственно после него отлагается первичная клеточная стенка, которая состоит из целлюлозных волокон, погруженных в матрикс, состоящий из пектиновых веществ и гемицеллюлоз. Клеточные стенки хорошо гидратированы — вода может составлять до 70% их массы. По свободному пространству клеточной стенки (т. е. между целлюлозными волокнами) вода перемещается свободно (почти как по фильтровальной бумаге). У большинства растительных клеток клеточная стенка продолжает нарастать и утолщаться, постепенно превращаясь во вторичную клеточную стенку — малообводненную, плотную, которая затем может оставаться целлюлозной или видоизменяться: одревесневать или опробковевать. (Не надо путать вторичное утолщение клеточных стенок растения со вторичным ростом корня и стебля растения — эти процессы не имеют отношения друг к другу.) Клеточные стенки придают механическую прочность каждой растительной клетке в отдельности и всему растению в целом. Они обеспечивают тургесцентность клеток, а также предохраняют клетки от разрыва в гипотонической среде. Через стенку проходят плазмодесмы, связывая клетки друг с другом.

Ток одномембранных структур (ток мембран) — термин, обозначающий то, что в клетке все одномембранные структуры образуют единый общий комплекс мембран (схема 8). Между отдельными структурами нет резких различий и границ; они плавно переходят одна в другую: наружный слой ядерной оболочки переходит в каналы ЭПС, они, в свою очередь — в цистерны аппарата Гольджи, которые, распадаясь на пузырьки, осуществляют или внутри-, или межклеточный транспорт веществ. Выносся секрет в межклеточное пространство, они встраивают свои мембраны в наружную клеточную мембрану.

Схема 8. Поток мембран цитоплазмы



Транспорт воды через мембраны — сложное явление, включающее в себя ряд процессов, которые будут описаны ниже в их взаимной связи. **Диффузия** — передвижение любых молекул или ионов из области с высокой концентрацией в область с более низкой концентрацией. Иными словами, это движение молекул или ионов по градиенту концентраций. **Осмос** — процесс перехода молекул растворителя из области с более высокой концентрацией этих молекул (т. е. из раствора более разбавленного, гипотонического) в область с более низкой их концентрацией (т. е. в раствор более концентрированный, гипертонический) через полупроницаемую или избирательно проницаемую мембрану. Этот процесс будет идти до тех пор, пока концентрации растворов по обе стороны мембраны не уравняются, т. е. пока растворы не станут изотоническими. Поскольку во всех биологических системах растворителем является вода, то можно сказать, что осмос — это диффузия воды через полупроницаемые или избирательно проницаемые мембраны. Если быть еще более точным, то можно сказать, что осмос в живой клетке — это особый вид диффузии, при котором равновесие достигается за счет перемещения через мембраны только молекул воды. При этом плазматическая мембрана, цитоплазма и тонопласт (мемб-

рана, окружающая вакуоль) действуют как единое целое, как одна полупроницаемая мембрана. Благодаря процессу осмоса становится возможным состояние тургора растительной клетки. **Осмотическое давление** — гидростатическое давление, которое нужно приложить к избирательно проницаемой мембране, отделяющей раствор от чистой воды, чтобы предотвратить осмотическое поступление воды в раствор. Чем более высокую концентрацию имеет раствор (т. е. чем меньше в нем имеется молекул воды), тем большее количество молекул воды поступит в этот раствор через мембрану и тем большее гидростатическое давление надо будет приложить для того, чтобы предотвратить поступление воды. Следовательно, чем выше концентрация раствора, тем выше его осмотическое давление. Непосредственно измерить осмотическое давление можно только при помощи специального прибора. Таким образом, в обычных условиях осмотическое давление — это давление теоретическое, потенциальное, поэтому в современной литературе (особенно в переводной) все чаще употребляется термин «осмотический потенциал». **Осмотический потенциал** — показатель, равный по величине и размерности осмотическому давлению, но противоположный ему по знаку (т. е. осмотический потенциал является отрицательной величиной). Чем концентрированнее раствор, тем выше его осмотическое давление и, следовательно, ниже его осмотический потенциал. При употреблении терминов «осмотическое давление» и «осмотический потенциал» надо быть очень внимательным, чтобы по ошибке не приписать более концентрированному раствору и более высокий осмотический потенциал. **Тургесцентность** — упругое состояние растительных тканей, которое поддерживается благодаря тургору их клеток. Однако в литературе часто объединяются понятия тургесцентности, тургора и тургорного давления под одним термином «тургор». **Тургор** — напряженное состояние клеточной стенки, создаваемое давлением внутриклеточной жидкости. Благодаря тургору растительные ткани обладают упругостью, поддерживается вертикальное положение травянистых стеблей. При значительных потерях воды растительные клетки утрачивают тургор, начинается увядание. Количественно состояние тургора характеризуется величиной тургорного давления. **Тургорное давление** — давление, оказываемое протопластом клетки на клеточную стенку. Если поместить клетку в раствор, то эта клетка будет находиться в равновесии с окружающим раствором в том случае, когда из нее будет выходить столько же воды, сколько будет

в нее входить, т. е. стремление воды войти в клетку будет полностью уравновешено тургорным давлением. (Максимальное тургорное давление будет наблюдаться при помещении клетки в чистую воду.) Осмотическое давление в клетке будет все же выше, чем в окружающем растворе, поскольку для того, чтобы поднять тургорное давление до точки равновесия, нужно очень небольшое количество воды. Оно явно недостаточно для того, чтобы существенно разбавить содержимое клетки (ведь величина осмотического давления напрямую связана с концентрацией раствора). Именно наличие тургорного давления делает возможным тот факт, что в состоянии равновесия осмотическое давление внутри растительной клетки может быть выше, чем осмотическое давление окружающего раствора. Тургорное давление — это уже не потенциальное (в отличие от осмотического), а реальное давление, создающееся только при наличии клеточной стенки. (Из всего сказанного об осмотическом и тургорном давлении понятно, что возможность дополнительного поступления воды в клетку как раз и определяется разницей между осмотическим и тургорным давлением. Эта величина называется **«сосущая сила»**.) Благодаря наличию прочной клеточной стенки тургорное давление у большинства растений составляет 5–10 атм. У животных клеток нет клеточной стенки, а плазматическая мембрана слишком нежна для того, чтобы предохранить клетку от набухания и разрыва (плазматические мембраны выдерживают разницу внешнего и внутреннего давления не более 1 атм.). Поэтому животные клетки окружены тканевой жидкостью, являющейся по отношению к ним почти изотоническим раствором, и, кроме того, у животных эффективно действуют системы осморегуляции (на организменном уровне). **Плазмолиз** — отделение пристеночного слоя цитоплазмы от клеточной оболочки растительной клетки. Плазмолиз происходит под действием раствора, гипертонического по отношению к клеточному соку (т. е. содержащему меньше воды, чем клеточный сок). В этих условиях вода путем осмоса начинает выходить из клетки через плазматическую мембрану. Сначала теряется вода цитоплазмы, затем через тонопласт выходит вода из вакуоли. В результате объем протопласта (живого содержимого клетки) уменьшается, протопласт сморщивается и отстает от клеточной стенки, поскольку клеточная стенка легко проницаема для растворов (не путать с клеточной, или плазматической, мембраной!). Пространство между клеточной стенкой и сморщенным протопластом заполняется гипертоническим раствором, окружающим клетку. При плазмоли-

зе протопласт перестает оказывать давление на клеточную стенку, тургорное давление становится равным нулю, клетка утрачивает тургор. При утрате растительными клетками тургора растение увядает. **Плазмолизированная клетка** — клетка, в которой произошел плазмолиз. Процесс плазмолиза обычно обратим. Для восстановления тургора плазмолизированную клетку надо поместить в воду или гипотонический раствор (т. е. раствор, содержащий больше воды, чем клеточный сок). После этого вода путем осмоса начнет поступать в клетку, постепенно будет восстановлен тургор, клетка придет в равновесие с окружающим ее раствором, тургорное давление поднимется до необходимой величины, произойдет деплазмолиз. Однако длительный плазмолиз приводит к гибели клетки.

Тургесцентность — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Тургор — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Тургорное давление — см. *Транспорт воды через мембраны.*

Ультрамикроскопические структуры (лат. «ультра» — сверх) — клеточные структуры, открытые с помощью электронного микроскопа, дающего увеличение изображения в сотни тысяч раз. К числу таких структур клетки относятся мембраны, эндоплазматическая сеть, рибосомы, лизосомы, центриоли. Кроме того, с помощью электронного микроскопа было изучено внутреннее строение хлоропластов и митохондрий, строение вирусов, фагов и крупных молекул. Принцип действия электронного микроскопа основан на том, что через изучаемый объект проходит не луч света, а поток электронов. Увеличенное изображение наблюдается на экране, где его можно фотографировать. Благодаря тому что длина волны электрона много меньше длины световой волны, разрешающая способность электронного микроскопа в сотни и тысячи раз больше, чем у светового. Недостатком электронного микроскопа является то, что с его помощью нельзя изучать живые объекты.

Фагоцитоз (греч. «фагос» — пожирать). Термин предложен в 1882 г. русским ученым И. И. Мечниковым. Представляет собой процесс поглощения клеткой частиц пищи, крупных молекул или отдельных клеток. При фагоцитозе у клетки образуются выпячивания цитоплазмы в виде ложных ножек, которые захватывают ее и погружают внутрь клетки. Затем присоединяется лизосома, выделяются пищеварительные ферменты, расщепляющие захваченную пищу до простых органических соединений. Фагоцитоз свой-

ствен простейшим, кишечнополостным, а также клеткам крови — лейкоцитам (фагоцитам), защищающим организм от бактерий; кроме того, он присущ клеткам капилляров костного мозга, селезенки, печени, надпочечников.

Хлоропласты (греч. «хлорос» — зеленый) — двухмембранные органеллы достаточно сложного строения, содержащие хлорофилл и осуществляющие фотосинтез. Характерны только для растительных клеток (см. рис. 4). У водорослей носителями хлорофилла являются хроматофоры — предшественники пластид, они же встречаются у животного — эвглены зеленой (форма разнообразная). Хлоропласты высших растений имеют форму двояковыпуклой линзы, наиболее рационально улавливающей свет. В клетке находится в среднем 10–30 (до 1000) хлоропластов. Длина пластиды составляет 5–10 мкм, толщина — 1–3, ширина — 2–4 мкм. Хлоропласты покрыты наружной гладкой мембраной, в то время как внутренняя мембрана образует в полости пластиды структуры, называемые тилакоидами (мешками). Дисковидные тилакоиды формируют граны, а трубковидные тилакоиды — тилакоиды стромы, соединяющие все граны в единую систему. В одной гране содержится от нескольких до 50 тилакоидов, а число гран в хлоропласте достигает 40–60. Пространство между тилакоидами стромы и гранами заполнено «основным веществом» — стромой, состоящей из белков, липидов, углеводов, ферментов, АТФ. Кроме того, в строме находятся пластидная ДНК, РНК, рибосомы. Мембраны тилакоидов имеют типичное строение, но в отличие от других органелл они содержат красящие вещества — пигменты хлорофилл (зеленый) и каротиноиды (красно-оранжево-желтые). Хлорофилл — основной пигмент, связан с глобулярными белками в белково-пигментные комплексы, расположенные по наружной стороне мембраны тилакоидов гран. Каротиноиды — дополнительные пигменты, находятся в липидном слое мембраны, где они не видны, так как растворены в жирах. Но место их расположения точно соответствует белково-пигментному комплексу, поэтому пигменты в мембранах не образуют непрерывного слоя, а распределены мозаично. Строение хлоропластов тесно связано с их функцией. В них происходит фотосинтез: на мембранах тилакоидов гран проходят световые реакции, в строме — фиксация углерода (темновые реакции). Хлоропласты — полуавтономные органеллы, в которых синтезируются собственные белки, однако долго жить вне клетки они не могут, так как находятся под общим

контролем ядра клетки. Размножаются они путем деления пополам или могут образовываться из пропластид или из лейкопластов. Пропластиды передаются через зиготу в виде очень маленьких телец, их диаметр составляет 0,4–1,0 мкм, они бесцветны и покрыты двойной мембраной. Пропластиды находятся в клетках конуса нарастания стебля и корня, зачатках листьев. В зеленых органах — листьях, стеблях — они превращаются в хлоропласты. По окончании жизненного цикла хлорофилл разрушается (обычно с изменением длины светового дня и понижением температуры), часть хлоропластов превращается в хромопласты — зеленые листья и плоды краснеют или желтеют, после чего опадают.

Хромопласты (греч. «хромо» — цвет) — окрашенные пластиды различной формы, имеющие двухмембранное строение. Форма их нитевидная, ромбическая, серповидная, пластинчатая, треугольная, игловидная, шаровидная и др. Это объясняется тем, что при переходе хлоропластов в хромопласты каротиноиды по мере разрушения хлорофилла кристаллизуются и разрывают пластиду. Форма кристаллов каротиноидов типичная для каждого вида растений. Именно они придают листьям, плодам, лепесткам цветков красную, оранжевую и желтую окраску. Роль хромопластов достаточно многообразна: привлечение насекомых-опылителей к цветкам, птиц и других животных к плодам для их распространения. Опадающие осенние листья содержат конечные продукты метаболизма, в том числе каротиноиды.

Хромосомы (греч. «хромо» — цвет, «сома» — тело) — главнейшие структуры ядра. Термин предложил В. Вальдейер в 1888 г. Хромосомами были названы тельца, интенсивно окрашивающиеся и потому хорошо заметные во время деления клеток. В период между делением клеток (в интерфазе) хромосомы не видны. Хромосомы могут пребывать в двух состояниях: спирализованные — короткие и плотные, хорошо видные в световой микроскоп; деспирализованные (раскрученные) — длинные и тонкие, именуемые хроматином (окрашенным веществом). В химическом составе хромосом и хроматина нет никаких различий; это молекулы ДНК и протеиды (белки), образующие вместе нуклеопротеид. В метафазе делящейся клетки отчетливо видно, что каждая хромосома состоит из двух продольных симметричных половин — хроматид. В специализированных клетках хромосомы обычно однохроматидные. Хромосома имеет первичную пере-

тяжку, на которой расположена центромера; перетяжка делит хромосому на два плеча одинаковой или разной длины. Центромера соединяет между собой обе хроматиды и служит местом прикрепления нитей веретена деления клеток. У ядрышковых хромосом, кроме первичной, имеется еще вторичная перетяжка, где формируется ядрышко, — это хромосомно-ядрышковый комплекс. Длина хромосом колеблется от 0,2 до 50 мкм и более, толщина — от 0,2 до 2 мкм. Длина хромосом человека 4–6 мкм. Набор хромосом в клетке может быть гаплоидным (одинарным) или диплоидным (двойным). Так, яйцеклетки, сперматозоиды, споры обычно имеют гаплоидный набор хромосом, а клетки тела (соматические или вегетативные) — диплоидный. Главная функция хромосом — хранение и передача наследственной информации, носителем которой является молекула ДНК. Отдельные участки молекулы ДНК — гены — ответственны за каждый конкретный признак или свойство организма. Наследственная информация из клетки в клетку передается путем удвоения молекулы ДНК (репликации), транскрипции и трансляции.

Цитоплазма (греч. «цитос» — вместилище, клетка и «плазма» — вылепленная) — живое содержимое клетки, кроме ядра. Снаружи цитоплазма ограничена клеточной мембраной (плазмалеммой), внутри — мембраной ядерной оболочки. У растительных клеток имеется еще и внутренняя пограничная мембрана — тонопласт, отделяющий клеточный сок и образующий вакуоль. В состав цитоплазмы входят следующие органеллы: плазмалемма, эндоплазматическая сеть, аппарат Гольджи, лизосомы (одномембранные), митохондрии и пластиды (двухмембранные), гиалоплазма, рибосомы, центриоли (немембранные), имеются также органоиды специального назначения. Все пространство между органеллами заполнено коллоидной системой в состоянии золя или геля — гиалоплазмой, где осуществляются физиологические процессы и химические реакции, происходит перемещение органелл. Гиалоплазма содержит большое количество воды и представляет собой коллоидный раствор органических веществ, среди которых преобладают белки, кроме того, в ней содержатся минеральные соли. Состав гиалоплазмы определяет осмотические свойства клетки.

Эволюция клетки. В настоящее время известны следующие основные формы организации живой материи: доклеточная (вирусы), предъядерная (прокариоты) и ядерная (эукариоты). Суще-

ствование каждой из этих форм явно свидетельствует о том, что в ходе эволюции они возникли не одновременно. Начиная с середины XIX в. сформулированы несколько гипотез, объясняющих это явление (как отечественными, так и зарубежными авторами). Одной из наиболее интересных является гипотеза симбиогенеза. В ее основе лежит предположение К. С. Мерёжковского (1909) о происхождении органелл в результате вступления в симбиоз клеток нескольких бактерий (как гетеро-, так и автотрофных). Из современных интересна гипотеза синбактериогенеза А. Н. Студитского (1962, 1981). Суть ее сводится к симбиозу бактериальной клетки-хозяина и более мелкой, но тоже прокариотической клетки-гетеротрофа, ставшей митохондрией. В случае симбиоза с фототрофной клеткой (например, цианобактерии) клетка-хозяин переходила на автотрофное питание, поскольку в хлорофиллоносной клетке происходил фотосинтез. Так возникли пластиды. В пользу такой гипотезы свидетельствуют особенности этих органелл: они двухмембранные, имеют собственный генетический аппарат (ДНК, РНК, рибосомы), способны к делению. В то же время в случае автолиза («самопоедания») в клетке они становятся первыми «жертвами» лизосом. По наследству митохондрии и пластиды передаются чаще всего в виде зачаточных телец — промитохондрий и пропластид, покрытых двойной мембраной.

Эндоплазматическая сеть, эндоплазматический ретикулум, ЭПС (греч. «эндо» — внутри) — сеть каналов, трубочек, пузырьков, цистерн, расположенных внутри цитоплазмы. Открыта в 1945 г. английским ученым К. Портером. Представляет собой систему мембран, имеющих ультрамикроскопическое строение (диаметр трубочек 25–75 нм). Вся сеть объединена в единое целое с наружной клеточной мембраной ядерной оболочки. Различают ЭПС гладкую (агранулярную) и шероховатую (гранулярную), несущую на себе рибосомы. На мембранах гладкой ЭПС находятся ферментные системы, участвующие в жировом и углеводном обмене. Этот тип мембран преобладает в клетках семян, богатых запасными веществами (белками, углеводами, маслами). Рибосомы прикрепляются к мембране гранулярной ЭПС, и во время синтеза белковой молекулы полипептидная цепочка с рибосомы погружается в канал ЭПС. Функции ЭПС очень разнообразны: транспорт веществ как внутри клетки, так и между соседними клетками; разделение клетки на отдельные секции, в которых одновременно происходят различные физио-

логические процессы и химические реакции (компартментация); в каналах ЭПС молекулы белка приобретают вторичную, третичную и четвертичную структуры, синтезируются жиры, транспортируется АТФ, находятся ферменты. ЭПС — обязательная органелла всех живых клеток, за исключением прокариот (предъядерных) и сформировавшихся эритроцитов; она составляет от 30 до 50% общего объема клетки. Особенностью ЭПС растительных клеток является ее непрерывность во всем теле растения. Из клетки в клетку проходят каналы ЭПС, называемые плазмодесмами (плазменными связями). По ним осуществляется передвижение веществ и передача раздражения. В животных клетках связь между клетками существует за счет трансмембранного переноса веществ и ионов, а также синапсов. Десмосомы (специализированные контактные участки наружной клеточной мембраны) животных клеток, скорее, скрепляют клетки друг с другом, поскольку имеют волокнистое строение.

Ядерная оболочка — двухмембранная пористая оболочка, отделяющая содержимое ядра от цитоплазмы. Наружная мембрана оболочки переходит в мембраны ЭПС. Для ядерной оболочки характерны поры. По́ра представляет собой комплекс, состоящий из круглого отверстия диаметром 80–90 нм и окружающих его гранул. Число пор может меняться в зависимости от активности процессов в клетке. Через поры из ядра в цитоплазму выходят молекулы иРНК, тРНК, рибосомы (субъединицы), а в ядро поступают нуклеотиды, белки, ферменты, АТФ, вода, ионы, т. е. через них идет непрерывный обмен. В процессе эволюции ядерная оболочка образовалась позднее, чем другие структуры ядра, поэтому у предъядерных организмов ее нет. Появление ядерной оболочки внесло известный порядок в расположение хромосом и в процессы, связанные с репликацией ДНК и удвоением хроматид. Таким образом, ядерная оболочка, с одной стороны, служит преградой между цитоплазмой и содержимым ядра, а с другой — связана с ЭПС своей клетки, а через нее и с другими клетками.

Ядерный сок (кариолимфа, нуклеоплазма) — полужидкое вещество, представляющее собой коллоидный раствор белков, нуклеиновых кислот, углеводов, ферментов, минеральных солей. По структуре и составу сходен с гиалоплазмой. Ядерный сок заполняет пространство между ядерными структурами, участвует в транспорте веществ, нуклеиновых кислот, субъединиц

рибосом. При делении клетки смешивается с гиалоплазмой. По окончании деления в телофазе концентрируется в ядре.

Ядро (лат. «нуклеус», греч. «карион») — главнейшая структура клетки. Описано в растительной клетке в 1831 г. английским ученым Р. Броуном, в животной — в 1838 г. немецким ученым Т. Шванном. Обязательный компонент клеток растений и животных, за исключением предъядерных (бактерии, цианобактерии, лучистые грибы) организмов. Ядро обычно шаровидной формы, но если клетка сильно вытянута, то оно становится веретеновидным (может быть лопастным, подковообразным или ветвистым). У молодых клеток ядро расположено в центре, у зрелых смещается в сторону. Отделено от цитоплазмы ядерной оболочкой. В его состав входят ядрышко, хроматин (хромосомы) и ядерный сок. Диаметр ядра 5–20 мкм. В клетках может быть два ядра (у инфузории типа простейших, в члениках грибов). Встречаются и многоядерные клетки. Это клетки печени, костного мозга, мышцы, соединительная ткань у животных, стенки пыльников у растений. У низших грибов и неклеточных водорослей могут быть десятки и сотни ядер. Организмы, имеющие в клетках ядро, относятся к ядерным, или эукариотам (от греч. «эу» — настоящий, хороший, «карион» — ядро, т. е. имеющие настоящее ядро). Организмы, лишенные ядра, называются прокариотами (от лат. «про» — до), т. е. доядерные или предъядерные. Роль ядра исключительно велика и разнообразна. Оно является носителем наследственной информации, управляет процессами метаболизма через белки-ферменты, снабжает клетку РНК, участвует в делении клетки и оплодотворении, регулирует изменение общего числа органоидов клетки, обеспечивает подвижность одноклеточных организмов.

Ядрышко — ядерная структура шаровидной формы, напоминающая клубок нитей. Состоит из белка и рРНК, образуется на вторичной перетяжке ядрышковой хромосомы. Если ядрышек больше, чем одно, то имеется столько же ядрышковых хромосом. В ядрышках на ДНК вторичной перетяжки синтезируется рРНК, которая вместе с поступающими из цитоплазмы белками образует субъединицы рибосом. Во время деления клетки ядрышко распадается, а в телофазе вновь формируется. В каждой клетке независимо от числа ядрышек количество ядрышкового материала одинаково.

ТЕМА. Обмен веществ и превращение энергии в клетке

Обмен веществ и превращение энергии — основа жизнедеятельности клетки. Энергетический обмен в клетке и его сущность. Значение АТФ в энергетическом обмене.
Пластический обмен. Фотосинтез. Пути повышения продуктивности сельскохозяйственных растений. Биосинтез белков. Ген и его роль в биосинтезе. Код ДНК. Реакции матричного синтеза. Взаимосвязь процессов пластического и энергетического обмена.

Задание 8

- Повторить имеющийся учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить поэтапно контрольные работы № 13–15.
- Проанализировать рисунок 4.
- Проанализировать таблицы 36–41.
- Проанализировать схемы 9–16 и пояснения к ним.
- По словарям основных терминов и понятий проверить знание терминов (Внимание! Эта тема имеет несколько словарей).

Вопросы для самоконтроля (обмен веществ)

- Сформулируйте закон сохранения энергии.
- Назовите главный источник энергии на Земле, определяющий возможность жизни.
- Что такое энергетические уровни в цепи питания?
- Из каких двух противоположных процессов складывается обмен веществ и энергии в организме и в клетке?
- Что называют пластическим обменом в клетке?
- Что такое ассимиляция?
- Расходуется ли АТФ в процессе ассимиляции?
- Какие вещества образуются в процессе ассимиляции?
- Что такие диссимиляция? Почему она проходит поэтапно?
- Что характерно для каждого этапа и как это связано с их названиями?
- Проследите последовательные преобразования крахмала и энергии в процессе диссимиляции (I, II и III этапы).
- Каковы конечные продукты диссимиляции белков, жиров, углеводов?

Обмен веществ и энергии в клетке

Контрольная работа № 13

1. Почему ассимиляция называется пластическим обменом (создаются органические вещества, расщепляются органические вещества)?

2. Почему диссимиляция называется энергетическим обменом (поглощается энергия, выделяется энергия)?
3. Что включает в себя: процесс ассимиляции (синтез органических веществ с поглощением энергии, распад органических веществ с выделением энергии); процесс диссимиляции (синтез органических веществ с поглощением энергии, распад органических веществ с выделением энергии)?
4. Какие процессы, происходящие в клетке, относятся к ассимиляционным (синтез белка, фотосинтез, синтез липидов, синтез АТФ, дыхание)?
5. Чем отличается окисление органических веществ в митохондриях от горения этих же веществ (выделение теплоты, выделение теплоты и синтез АТФ, синтез АТФ; процесс окисления происходит с участием ферментов, без участия ферментов)?
6. Что общего между окислением, происходящим в митохондриях клеток, и горением (образование CO_2 и H_2O; выделение теплоты; синтез АТФ)?
7. На каком этапе диссимиляции полимеры расщепляются до мономеров (I, II, III)?
8. Что происходит с глюкозой на II этапе диссимиляции (гликолиз с образованием пировиноградной кислоты; окисление до CO_2 и H_2O)?
9. Какой этап диссимиляции называют кислородным (I, II, III) и почему (в процессе реакции к промежуточным продуктам присоединяется кислород; в процессе реакции выделяется кислород)?
10. На каком этапе диссимиляции углеводов синтезируются 2 АТФ (I, II, III); 36 АТФ (I, II, III); АТФ не синтезируется (I, II, III)?

Схема 9. Метаболизм

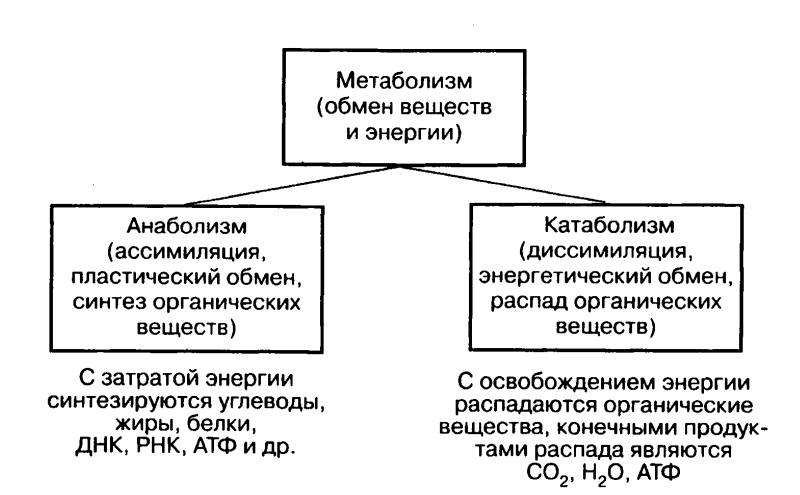


Схема 10. Превращения пировиноградной кислоты в клетках различных организмов

$$\text{Глюкоза} \xrightarrow{1} \text{Пировиноградная кислота} \xrightarrow{2} \text{Молочная кислота}$$

Пировиноградная кислота $\xrightarrow{3}$ Этиловый спирт + CO_2

Пировиноградная кислота $\xrightarrow[4]{+O_2}$ $CO_2 + H_2O$

1—2 — анаэробный путь образования молочной кислоты в клетках животных, молочнокислых бактерий и высших растений (в гиалоплазме)
1—3 — спиртовое брожение у дрожжей (анаэробный процесс)
1—4 — дыхание аэробных организмов (в митохондриях)

Пояснения к схеме 11

Превращение веществ и энергии в процессе диссимиляции включает в себя следующие этапы.

I этап — подготовительный: сложные органические вещества под действием пищеварительных ферментов распадаются на простые, при этом выделяется только тепловая энергия.

Белки → аминокислоты

Жиры → глицерин и жирные кислоты

Крахмал → глюкоза

II этап — гликолиз (бескислородный): осуществляется в гиалоплазме, с мембранами не связан; в нем участвуют ферменты; расщеплению подвергается глюкоза:

$$\underset{\text{глюкоза}}{C_6H_{12}O_6} \rightarrow \underset{\text{пировиноградная кислота}}{2C_3H_4O_3} + 2H + E$$

→ 60% теплота

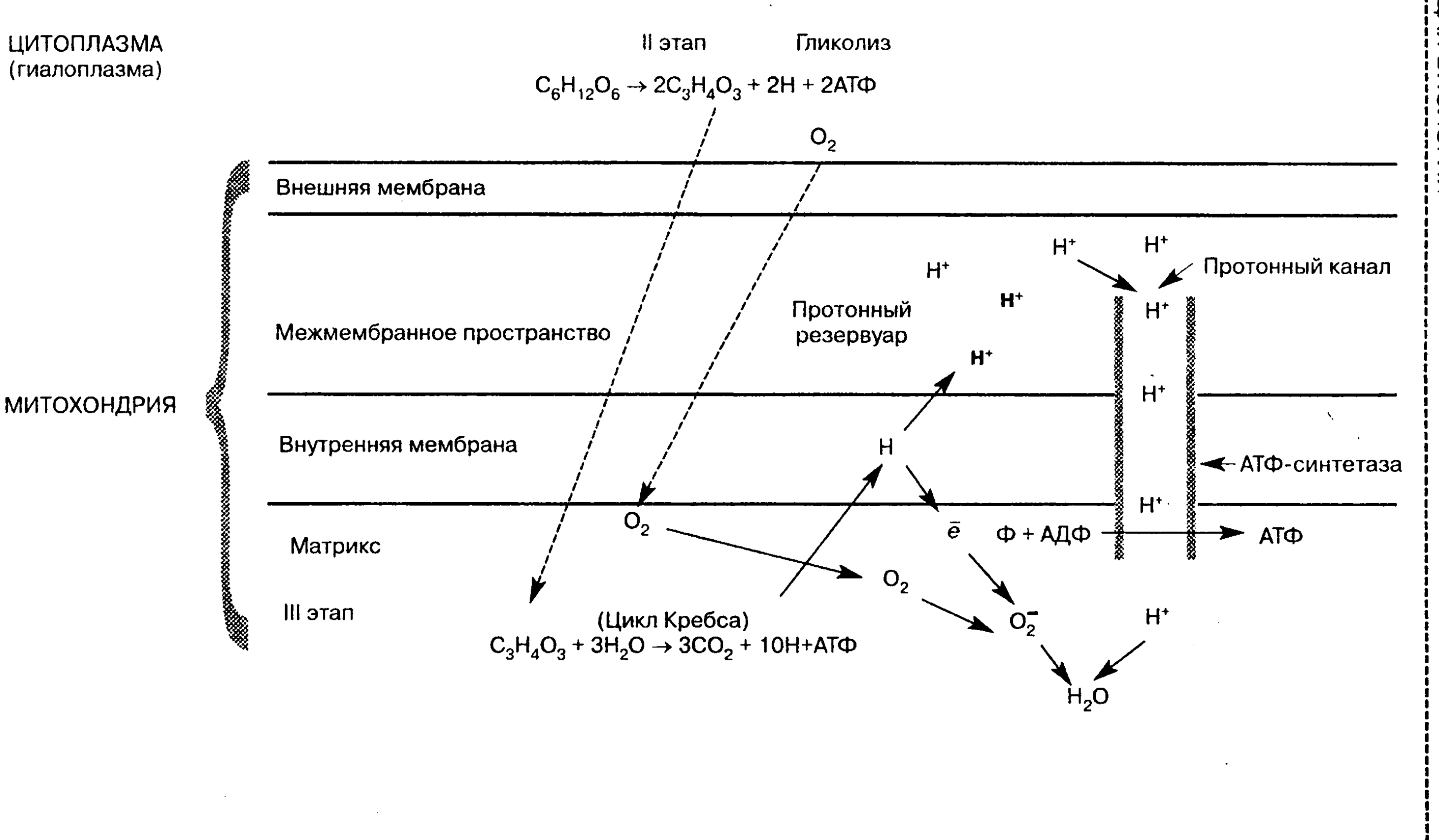
→ 40% на синтез 2АДФ + 2Ф → 2АТФ + + 2НАД · Н

III этап — кислородный: осуществляется в митохондриях, связан с матриксом митохондрий и внутренней мембраной, в нем участвуют ферменты, расщеплению подвергается пировиноградная кислота

$$C_3H_4O_3 + 3H_2O \rightarrow 3CO_2 + 10H$$

CO_2 (диоксид углерода) выделяется из митохондрий в окружающую среду. Атом водорода включается в цепь реакций, конечный результат которых — синтез АТФ. Эти реакции идут в такой последовательности:

Схема 11. Синтез АТФ в митохондрии клетки



1. Атом водорода H с помощью ферментов-переносчиков поступает во внутреннюю мембрану митохондрии, образующую кристы, где он окисляется:

$$H - \bar{e} \rightarrow H^+$$

2. Протон H^+ (катион водорода) выносится переносчиками на наружную поверхность мембраны крист. Для протонов эта мембрана, так же как и наружная мембрана митохондрии, непроницаема, поэтому они накапливаются в межмембранном пространстве, образуя протонный резервуар.

3. Электроны водорода $\bar{e}$ переносятся на внутреннюю поверхность мембраны крист и тут же присоединяются к кислороду с помощью фермента оксидазы, образуя отрицательно заряженный активный кислород (анион):

$$O_2 + 2\bar{e} \rightarrow O_2^-$$

4. Катионы и анионы по обе стороны мембраны создают разноименно заряженное электрическое поле, и когда разность потенциалов достигнет 200 мВ, начинает действовать протонный канал. Он возникает в молекулах ферментов АТФ-синтетаз, которые встроены во внутреннюю мембрану, образующую кристы.

5. Через протонный канал протоны H^+ устремляются внутрь митохондрии, создавая высокий уровень энергии, большая часть которой идет на синтез АТФ из АДФ и Ф (АДФ + Ф → АТФ), а сами протоны H^+ взаимодействуют с активным кислородом, образуя воду и молекулярный O_2:

$$4H^+ + 2O_2^- \rightarrow 2H_2O + O_2$$

Таким образом, O_2, поступающий в митохондрии в процессе дыхания организма, необходим для присоединения протонов H^+. При его отсутствии весь процесс в митохондриях прекращается, так как электронно-транспортная цепь перестает функционировать. Общая реакция III этапа:

$$2C_3H_4O_3 + 6O_2 + 36АДФ + 36Ф \rightarrow 6CO_2 + 36АТФ + 42H_2O$$

В результате расщепления одной молекулы глюкозы образуются 38 молекул АТФ: на II этапе — 2 АТФ и на III этапе — 36 АТФ. Образовавшиеся молекулы АТФ выходят за пределы митохондрии и участвуют во всех процессах клетки, где необходима энергия. Расщепляясь, АТФ отдает энергию (одна фосфатная связь заключает 40 кДж) и в виде АДФ и Ф (фосфата) возвращается в митохондрии.

Таблица 36. Образование АТФ в ходе диссимиляции

Этап диссимиляции, процессы	Образующиеся макроэнергетические продукты	Эквивалент АТФ*	Сколько молекул АТФ образуется
I — Подготовительный	—	—	0
II — Анаэробный.			
Гликолиз	2АТФ	1	2
Образование ацетил-кофермента А	$2^{**} \times$ 2НАД · H_2	3	12
III — Аэробный.			
Цикл Кребса	$2^{***} \times$ 1АТФ 2 × 3НАД · H_2 2 × 1ФАД · H_2	1 3 2	2 18 4
Итого:			38 молекул АТФ образуется при полном окислении 1 молекулы глюкозы

* Коэффициент, показывающий, сколько молекул АТФ образуется за счет энергии одной молекулы восстановленного переносчика.

** Поскольку из одной молекулы глюкозы образуется две молекулы пировиноградной кислоты, а из каждой молекулы пировиноградной кислоты образуется одна молекула ацетил-кофермента А, и при этом восстанавливаются две молекулы НАД.

*** Поскольку за каждый оборот цикла Кребса окисляется одна молекула ацетил-кофермента А, то для окисления одной молекулы глюкозы требуется два оборота цикла.

Словарь основных терминов и понятий

Анаболизм (греч. «анаболе» — подъем) — пластический обмен, ассимиляция — одна из сторон обмена веществ. Включает процессы синтеза аминокислот, моносахаридов, жирных кислот, нуклеотидов, а также макромолекул белков, полисахаридов, жиров, нуклеиновых кислот, АТФ. Процесс проходит в три этапа: 1) синтез промежуточных соединений из низкомолекулярных веществ (органических кислот, альдегидов); 2) синтез «строительных блоков» из промежуточных соединений (аминокислот, жирных кислот, моносахаридов); 3) синтез из «строительных блоков» макромолекул белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, жиров. Идет с поглощением энергии и участием ферментов.

Гликолиз (греч. «гликис» — сладкий, «лизис» — растворяю) — бескислородный этап диссимиляции, ферментативный негидролитический анаэробный процесс распада углеводов до пировиноградной кислоты. Ферменты, ведущие гликолиз, находятся в гиалоплазме (коллоидном веществе цитоплазмы) и не связаны с мембранами. Конечными продуктами гликолиза являются две молекулы пировиноградной кислоты, две молекулы АТФ и две молекулы восстановленного НАД · H_2. При невозможности дальнейшего кислородного окисления (у облигатных анаэробов) пировиноградная кислота может окисляться в молочную кислоту (при этом будет затрачиваться одна молекула НАД · H_2 на окисление каждой молекулы пировиноградной кислоты в молочную), этиловый спирт или другие продукты брожения. Если же дальнейшее кислородное окисление возможно, то пировиноградная кислота поступает из цитоплазмы в митохондрии, где претерпевает окислительное декарбоксилирование. Образовавшийся в ходе его ацетил-КоА (ацетилкоэнзим А, ацетилкофермент А) поступает затем в цикл Кребса. Гликолиз — эволюционно наиболее древний путь расщепления глюкозы. У анаэробов он является единственным процессом получения энергии. У аэробов же гликолиз обязательно предшествует кислородному этапу диссимиляции или идет в условиях недостатка кислорода. Гликолиз энергетически значительно менее выгоден, чем кислородное окисление.

Дыхание — цепь физиологических процессов, происходящих в организме растений и животных, при которых поглощается кислород, выделяется двуокись углерода и вода, а также энергия, обеспечивающая жизнедеятельность организма. У животных различают дыхание внешнее (органы дыхания и дыхательные пути) и внутриклеточное (митохондрии), поскольку кислород усваивается только в митохондриях. У растений дыхание осуществляется всеми органами, кислород же усваивается также только в митохондриях клеток. Здесь он включается в электронно-транспортную цепь, присоединяя протоны, кинетическая энергия которых израсходовалась на синтез АТФ. Это кислородный этап диссимиляции (катаболизма), поэтому митохондрии называют дыхательными центрами клеток.

Катаболизм (энергетический обмен, диссимиляция) — одна из сторон метаболизма (обмена веществ), происходящего в любой живой клетке. Катаболизм, или процесс расщепления сложных органических веществ (пищевых, запасных), осуществляется постепенно, в три этапа: I — подготовительный, II — бескислород-

ный (гликолиз), III — кислородный. При этом обязательно участвуют ферменты и выделяется энергия, необходимая для синтеза АТФ и согревания организма (тепловая). Вся энергия, необходимая гетеротрофному организму для жизнедеятельности, получается в результате расщепления органических веществ пищи. Чем больше организм испытывает физических нагрузок, тем больше энергии должна содержать пища и, наоборот, при легкой физической нагрузке пища должна быть малокалорийной.

Метаболизм (греч. «метаболе» — превращение) — обмен веществ — совокупность химических реакций в живой клетке. Единый процесс, свойственный всем живым организмам — животным и растениям. Складывается из двух взаимно противоположных процессов — анаболизма и катаболизма. Значение метаболизма в целом заключается в следующем: 1) поглощение энергии Солнца (растением) и создание органического вещества и пищи (животным); 2) расщепление пищевых веществ до макромолекул — будущих «строительных блоков»; 3) сборка (синтез) из «строительных блоков» белков, жиров, нуклеиновых кислот, углеводов и других веществ; 4) разрушение (расщепление) созданных организмом органических веществ до конечных неорганических — CO_2 и H_2O. Метаболизм растений (фотосинтезирующие автотрофы) и животных (гетеротрофы) существенно различается. В живом организме анаболизм и катаболизм должны быть уравновешены. Если один процесс существенно преобладает над другим, то обмен веществ и энергии нарушается и, следовательно, нарушается жизнедеятельность клетки, а затем и всего организма. Метаболизм живой клетки отличается от тепловых процессов неживых тел тем, что живая клетка постоянно черпает энергию из окружающей среды, а та энергия, которая освобождается при расщеплении органических веществ, не рассеивается, а вновь используется на синтез новых веществ, благодаря чему клетка поддерживает свое существование, сопротивляется процессам, ведущим к изменению ее структуры и потере энергии. Неживые же тела теряют свою энергию безвозвратно, так как она переходит в теплоту и рассеивается.

Окислительное фосфорилирование — процесс образования АТФ на клеточных мембранах. Сопряжено с окислением восстановленных переносчиков (например, НАД · H_2 до НАД; НАДФ · H_2 до НАДФ) и переносом электронов в электронно-транспортной сети.

Субстратное фосфорилирование — процесс образования АТФ, не связанный с мембранами. В этом случае АТФ образуется за

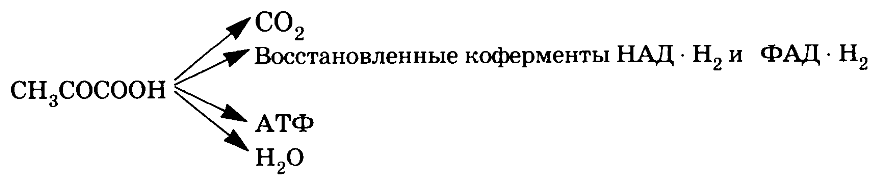
счет того, что фосфатная группа перемещается от фосфорилированного соединения (субстрата) к АДФ (например, образование АТФ при гликолизе).

Хемиосмотическая теория Митчела — учение о механизме преобразования энергии в биологических мембранах. Разработана П. Митчелом в 1961–1966 гг. Согласно этой теории, трансмембранные потенциалы ионов могут служить источником энергии для синтеза АТФ, транспорта веществ и других энергозависимых процессов в клетке. В частности, АТФ синтезируется за счет кинетической энергии протона, проходящего через АТФ-синтетазу (специфический тоннельный белок, пронизывающий мембрану).

Цикл Кребса (цикл трикарбоновых кислот, цикл лимонной кислоты) — циклическая последовательность ферментативных окислительных превращений девяти три- и дикарбоновых кислот (их декарбоксилирование, дегидрогенизация, изомеризация). Основные этапы этого цикла показаны на схемах 12, 13. Цикл Кребса протекает в матриксе митохондрий в аэробных условиях. Ему предшествует образование ацетил-КоА (ацетилкофермента А, ацетилкоэнзима А) из пировиноградной кислоты (при этом из одной молекулы пировиноградной кислоты образуются также одна молекула углекислого газа и одна молекула восстановленного кофермента НАД · H_2).

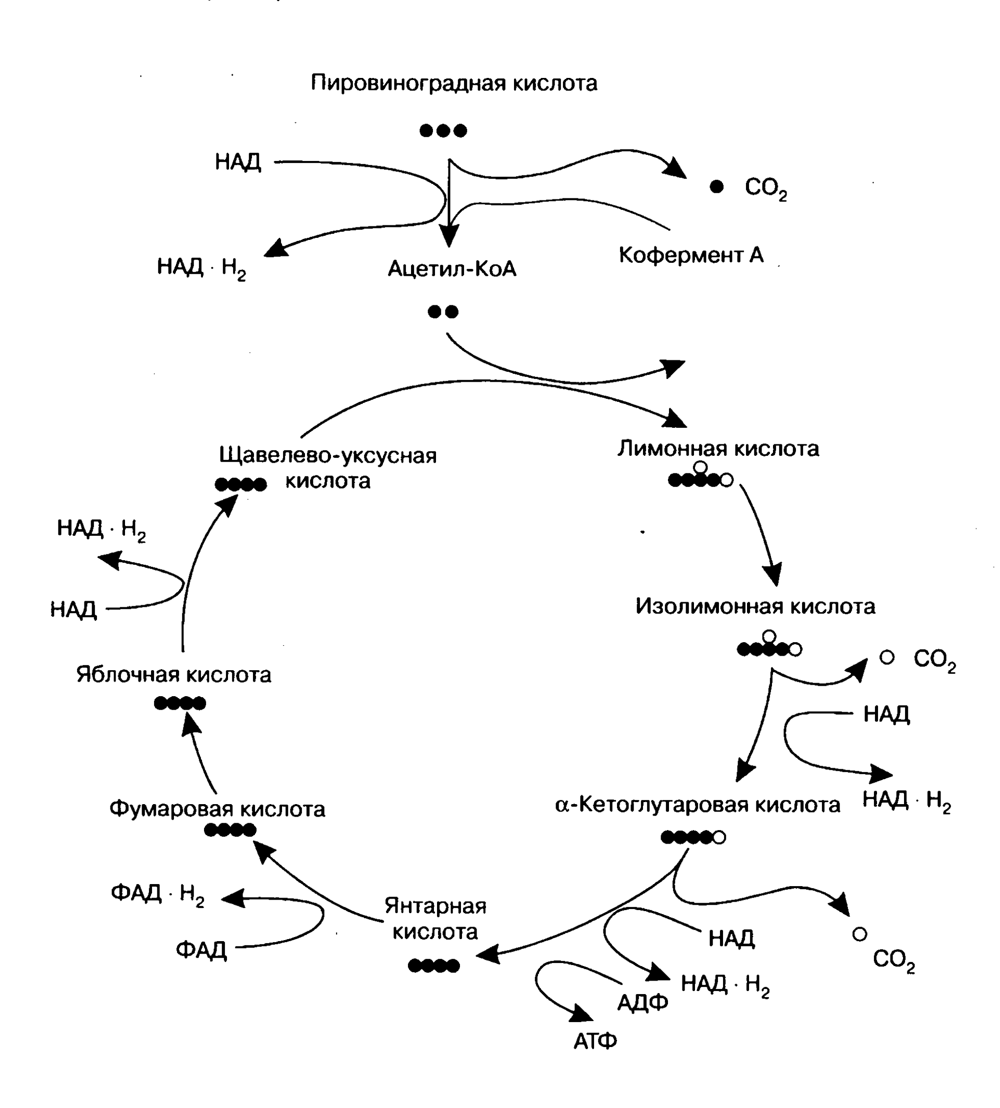
$$CH_3COCOOH + КоА + НАД \rightarrow CH_3CO\text{-}КоА + CO_2 + НАД \cdot H_2$$

Цикл начинается образованием лимонной кислоты при взаимодействии ацетил-КоА и щавелево-уксусной кислоты и завершается образованием щавелево-уксусной кислоты (для нового цикла), двух молекул углекислого газа, одной молекулы АТФ и четырех молекул восстановленных коферментов (ФАД · H_2 и 3НАД · H_2). (То есть часть молекул окисляется до конечных продуктов, а часть продолжает «крутиться» в цикле.) Затем (уже вне цикла Кребса) эти восстановленные коферменты окисляются на мембранах митохондрий с образованием АТФ (и воды). Обобщенно превращения, происходящие в цикле Кребса, можно представить следующим образом:



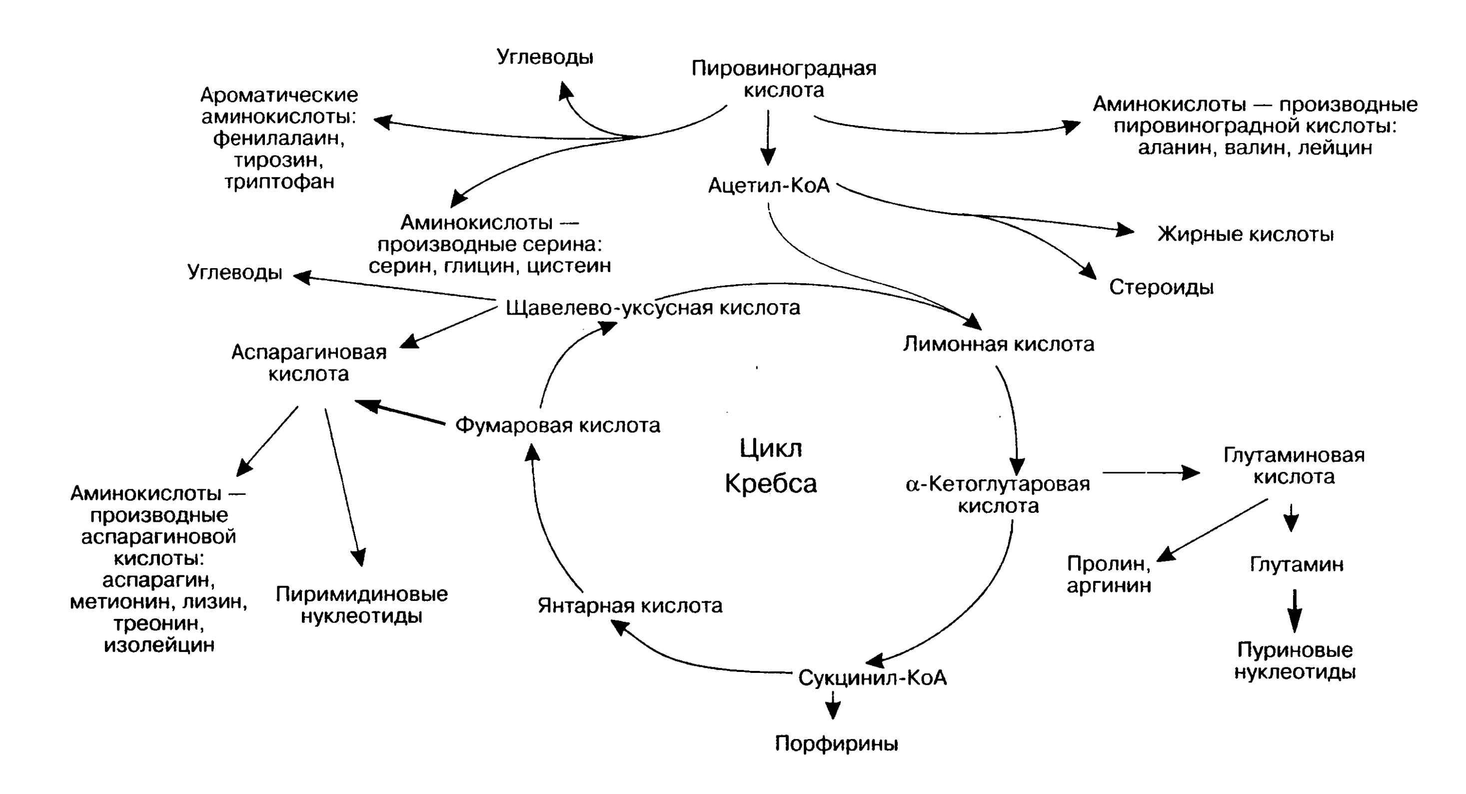
Цикл Кребса широко распространен в клетках животных и растений. Он является основным процессом, обеспечивающим

Схема 12. Цикл Кребса



Знак «●» означает один атом углерода. Из данной схемы видно, что для того, чтобы окислиться до углекислого газа (CO_2), атом углерода предварительно окисляется до карбоксильной группы (–COOH), обозначенной на схеме знаком «○».

Схема 13. Связь цикла Кребса с различными метаболическими путями



клетку энергией в аэробных условиях. Кроме того, он соединяет воедино различные метаболические пути, поскольку его продукты являются биохимическими предшественниками многих жизненно важных веществ (схема 13).

Фотосинтез

Вопросы для самоконтроля

- Почему роль зеленых растений на Земле К. А. Тимирязев назвал космической?
- В какой органелле растительной клетки содержится хлорофилл?
- Когда и у каких растений впервые появился хлорофилл в процессе эволюции?
- Каковы физико-химические свойства хлорофилла?
- Каково внутреннее строение хлоропласта?
- В какой структуре хлоропласта содержится пигмент хлорофилл?
- Как называются мембранные структуры хлоропласта?
- Как называют немембранную часть хлоропласта?
- Чем покрыт хлоропласт и какую форму он может иметь?
- Какие условия необходимы для процесса фотосинтеза?
- Из каких двух фаз (стадий) состоит процесс фотосинтеза?
- Как расходуется энергия возбужденного атома?
- Какие преобразования энергии происходят в хлоропласте?
- Что такое фотолиз воды?
- Какова химическая природа энергетического процесса при фотосинтезе?
- Что образуется в период прохождения световой фазы?
- Какой тип дыхания организмов появился на Земле в связи с возникновением световых реакций фотосинтеза?
- Почему конечные стадии фотосинтеза называют темновыми?
- Какие структуры и какие вещества принимают участие в темновых реакциях фотосинтеза?
- Является ли процесс синтеза углеводов ферментативным?
- В какую фазу фотосинтеза выделяется кислород, уходящий в атмосферу?
- Можно ли считать, что фотосинтез включает в себя два процесса — ассимиляцию и диссимиляцию и почему?
- Какую роль играют углеводы в образовании аминокислот и жирных кислот?
- Можно ли считать растения единственными организмами на Земле, создающими из неорганических веществ органические?
- Какие организмы называют автотрофными?
- Какой способ питания появился на Земле раньше — хемотрофный или фототрофный?
- Откуда получают органические вещества гетеротрофные организмы?
- Чем питаются сапротрофы, паразиты?
- Приведите примеры автотрофных и гетеротрофных организмов.
- Каковы способы питания у зеленой водоросли, белого гриба, гнилостной бактерии, бычьего цепня, волка, человека?

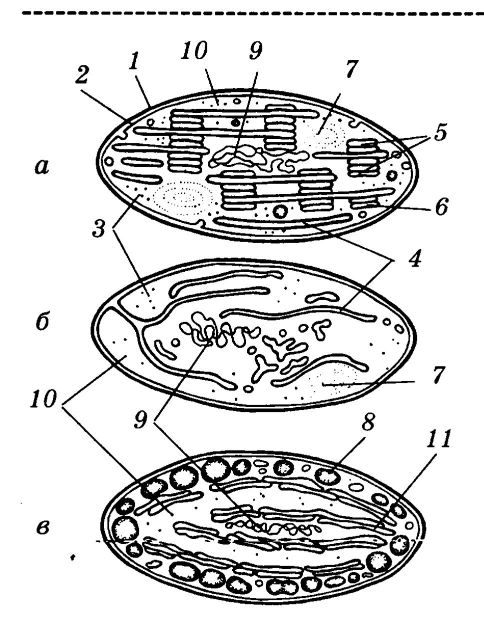


Рис. 4. Строение:
а — хлоропласта, *б* — лейкопласта, *в* — хромопласта; *1* — внешняя мембрана, *2* — внутренняя мембрана, *3* — матрикс (строма), *4* — тилакоиды стромы (ламеллы), *5* — грана, *6* — тилакоид граны, *7* — крахмальное зерно, *8* — каротиноиды в каплях липидов, *9* — ДНК, *10* — рибосомы, *11* — разрушающиеся мембранные структуры

Контрольная работа № 14

1. В каких органеллах клетки осуществляется процесс фотосинтеза (митохондрии, рибосомы, хлоропласты, хромопласты)?
2. Где сосредоточен пигмент хлорофилл (оболочка хлоропласта, строма, граны)?
3. Какие лучи спектра поглощает хлорофилл (красные, зеленые, фиолетовые)?
4. При расщеплении какого соединения выделяется свободный кислород при фотосинтезе (CO_2, H_2O, АТФ)?
5. В какую стадию фотосинтеза образуется свободный кислород (темновую, световую, постоянно)?
6. Что происходит с АТФ в световую стадию (синтез, расщепление)?
7. На какой стадии в хлоропласте образуется первичный углевод (световая стадия, темновая стадия)?
8. Расщепляется ли молекула CO_2 при синтезе углеводов (да, нет)?
9. Какую роль играют ферменты при фотосинтезе (нейтрализуют, катализируют, расщепляют)?
10. Имеется ли хлорофилл у хемосинтезирующих организмов (да, нет)?
11. Какой способ питания у человека (автотрофный, гетеротрофный)?
12. Какие растения создают наибольшую биомассу и выделяют бóльшую часть кислорода (споровые, семенные, водоросли)?

Пояснения к схеме 14. Фотосинтез

Процесс фотосинтеза осуществляется в хлоропластах в два этапа. В гранах (тилакоидах) протекают реакции, вызываемые светом, — световые, а в строме — реакции, не связанные со светом, — темновые, или реакции фиксации углерода.

Световые реакции

1. Свет, попадая на молекулы хлорофилла, которые находятся в мембранах тилакоидов гран, приводит их в возбужденное состояние. В результате этого электроны $\bar{e}$ сходят со своих орбит и переносятся с помощью переносчиков за пределы мембраны тилакоида, где и накапливаются, создавая отрицательно заряженное электрическое поле.

2. Место вышедших электронов в молекулах хлорофилла занимают электроны воды $\bar{e}$, так как вода под действием света подвергается фоторазложению (фотолизу):

$$H_2O \rightleftarrows OH^- + H^+; \; OH^- - \bar{e} \rightarrow OH$$

Гидроксилы OH^-, став радикалами OH, объединяются: $4OH \rightarrow$ $\rightarrow 2H_2O + O_2\uparrow$, образуя воду и свободный кислород, который выделяется в атмосферу.

3. Протоны H^+ не проникают через мембрану тилакоида и накапливаются внутри, образуя положительно заряженное электрическое поле, что приводит к увеличению разности потенциалов по обе стороны мембраны.

4. При достижении критической разности потенциалов (200 мВ) протоны H^+ устремляются по протонному каналу в ферменте АТФ-синтетаза, встроенному в мембрану тилакоида, наружу. На выходе из протонного канала создается высокий уровень энергии, которая идет на синтез АТФ (АДФ + Ф $\rightarrow$ АТФ). Образовавшиеся молекулы АТФ переходят в строму, где участвуют в реакциях фиксации углерода.

5. Протоны H^+, вышедшие на поверхность мембраны тилакоида, соединяются с электронами $\bar{e}$, образуя атомарный водород H, который идет на восстановление переносчика $НАДФ^+$:

$2\bar{e} + 2H^+ + НАДФ^+ \rightarrow НАДФ \cdot H_2$ (переносчик с присоединенным водородом; восстановленный переносчик).

Таким образом, активированный световой энергией электрон хлорофилла используется для присоединения водорода к переносчику. $НАДФ \cdot H_2$ переходит в строму хлоропласта, где участвует в реакциях фиксации углерода.

Реакции фиксации углерода (темновые реакции)

Осуществляются в строме хлоропласта, куда поступают АТФ, НАДФ · H_2 от тилакоидов гран и CO_2 из воздуха. Кроме того, там постоянно находятся пятиуглеродные соединения — пентозы C_5, которые образуются в цикле Кальвина (цикле фиксации CO_2).Упрощенно этот цикл можно представить следующим образом:

1. К пентозе C_5 присоединяется CO_2, в результате чего появляется нестойкое шестиуглеродное соединение C_6, которое расщепляется на две трехуглеродные группы $2C_3$ — триозы.
2. Каждая из триоз $2C_3$ принимает по одной фосфатной группе от двух АТФ, что обогащает молекулы энергией.
3. Каждая из триоз $2C_3$ присоединяет по одному атому водорода от двух НАДФ · H_2.
4. После чего одни триозы объединяются, образуя углеводы

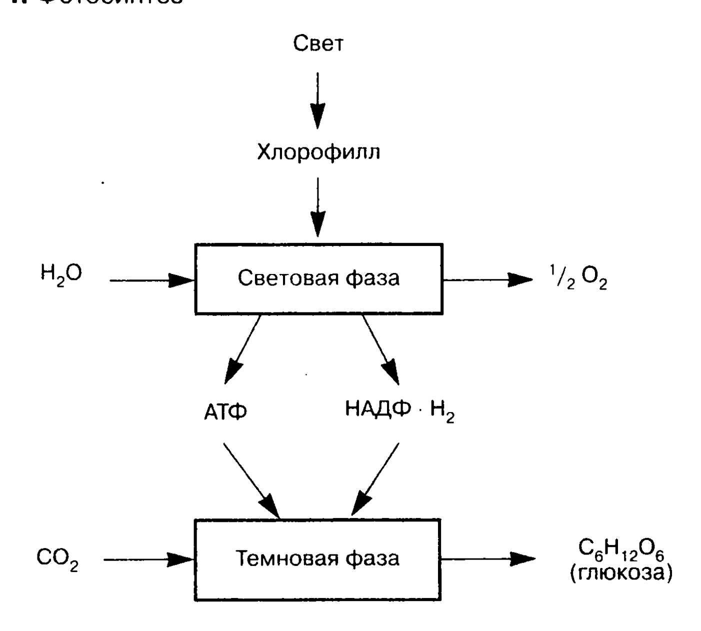
$$2C_3 \rightarrow C_6 \rightarrow C_6H_{12}O_6 \text{ (глюкоза)}$$

5. Другие триозы объединяются, образуя пентозы $5C_3 \rightarrow 3C_5$, и вновь включаются в цикл фиксации CO_2.

Суммарная реакция фотосинтеза:

$$6CO_2 + 6H_2O \xrightarrow[\text{хлорофилл}]{\text{энергия света}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow$$

Схема 14. Фотосинтез



Пояснение к схемам 15, 16. Процесс фотосинтеза

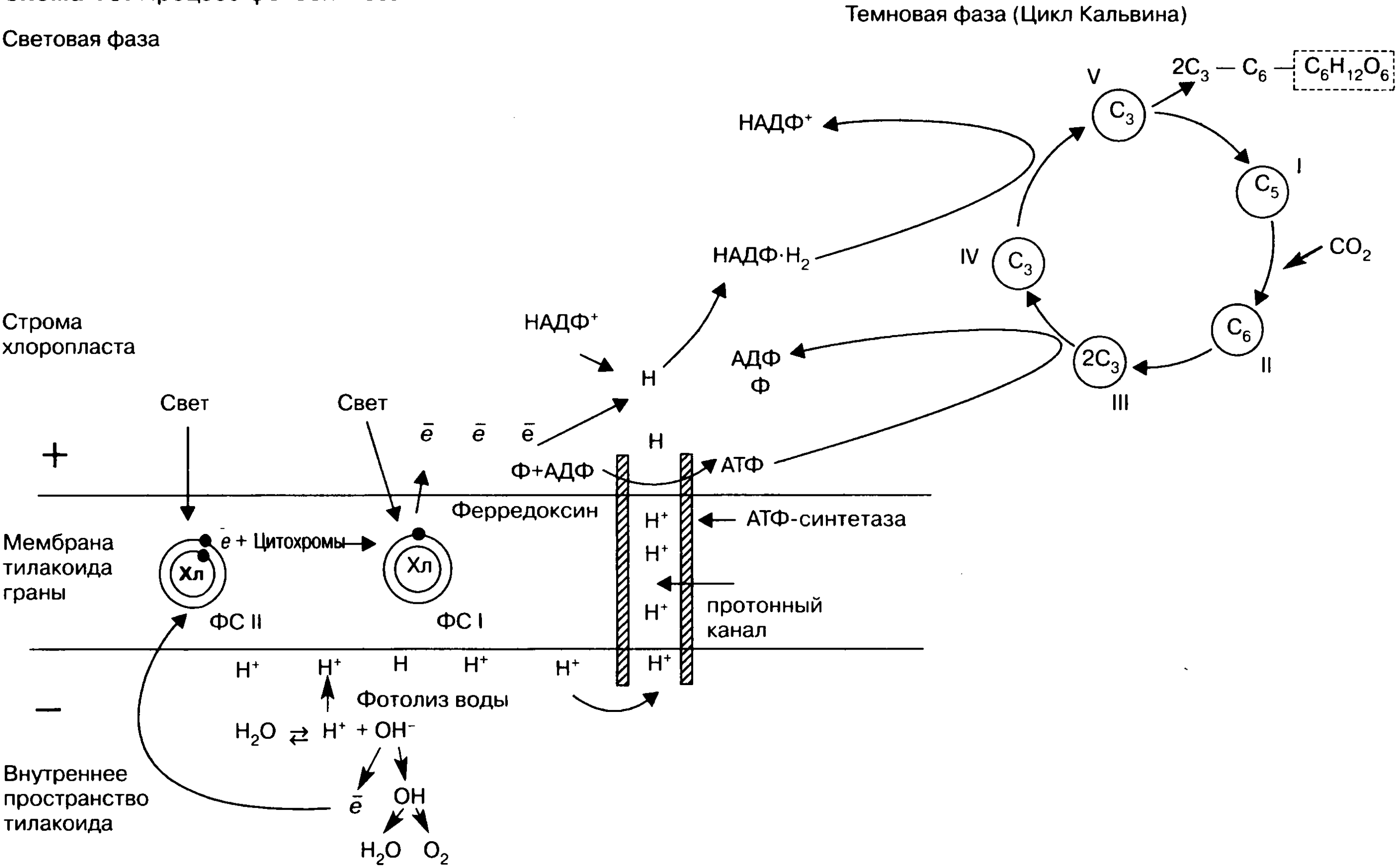
После того как усвоен материал о процессах, происходящих в световую фазу согласно «протонной теории», предлагаем совместить его с теорией «фотосистем». Эти два подхода не только не противоречат друг другу, но, наоборот, дополняют.

Преобразование энергии света в энергию химических связей происходит в фотосистемах — ФС (квантососмах), которые являются элементарными структурами, в которых происходит фотосинтез. Они представляют собой пигментно-белковые комплексы, расположенные в мембранах тилакоидов гран. В состав ФС входит от нескольких десятков до сотен молекул хлорофилла, играющих роль антенн, собирающих свет, и лишь несколько из них образуют реакционный центр — РЦ, который и является энергетической «ловушкой» для квантов света. Существует два типа фотосистем — ФСI и ФСII, которые отличаются друг от друга способностью воспринимать свет разной длины волны, что связано с разным сочетанием пигментов, входящих в их состав (см. табл. 37). Легче возбудимы коротковолновые РЦ в ФСII, поэтому именно в них начинается электронно-транспортная цепь (ЭТЦ), которая состоит из переносчиков — цитохромов и передаваемых ими возбужденных электронов. При этом электроны перемещаются в одном направлении, постепенно теряя энергию. Но эта энергия не рассеивается, а идет на синтез АТФ из АДФ и остатка фосфорной кислоты. Этот процесс называется нециклическим фосфорилированием. Электроны, идущие по ЭТЦ, передаются не за пределы мембраны тилакоида, а внутри мембраны к ФСI в ее РЦ. Там энергия принесенного электрона способствует выбиванию более труднодоступного (длинноволнового) электрона ФСI на внешнюю орбиту, так как одной лишь энергии квантов света для этого недостаточно. Выбитый электрон подхватывается специальным переносчиком ферредоксином (из группы цитохромов) и может быть далее отправлен по двум разным путям:

1. Электрон возвратится опять в ЭТЦ и цитохромами будет спущен в ФСI, при этом синтезируется АТФ. Такой путь электрона называется циклическим, а синтез АТФ — циклическим фосфорилированием; он наблюдается в том случае, когда количество свободного $НАДФ^+$ ограничено.

2. Электрон выносится ферредоксином за пределы мембраны тилакоида. На поверхности мембраны создается отрицательный заряд, а электроны присоединяются к переносчику $НАДФ^+$, восстанавливая его, и одновременно с этим подхватывают протоны

Схема 15. Процесс фотосинтеза



H^+, вышедшие из протонного канала. На выходе из канала, представленного ферментом АТФ-азой, также происходит синтез АТФ, сопряженный с разностью мембранных потенциалов, но это происходит уже за пределами мембраны.

Схема 16. Световая фаза в фотосистемах (по П. Рейвну, Р. Эверту, С. Айкхорн)

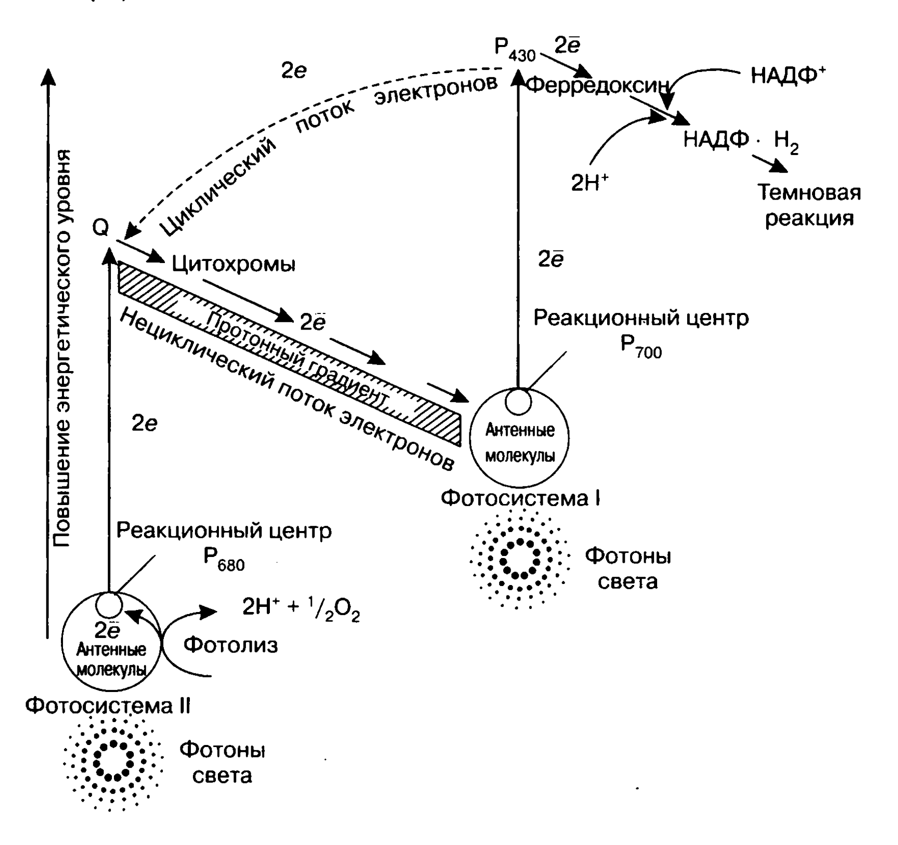


Таблица 37. Фотосистемы растительной клетки

Признаки	Фотосистема II (ФСII)	Фотосистема I (ФСI)
Пигменты	Хлорофилл a Хлорофилл b Ксантофилл	Хлорофилл a Хлорофилл b Каротин
Содержание молекул хлорофилла, шт.	400	250

Продолжение табл. 37

Признаки	Фотосистема II (ФСII)	Фотосистема I (ФСI)
Оптимум поглощения света, нм	680	700
Пигментная система — Р	P_{680}	P_{700}
Порядок возбуждения электронов	Первыми возбуждаются более коротковолновые электроны ФСII	После переноса электрона из ФСII в ФСI возбуждаются более длинноволновые электроны
Возбуждающий фактор	Квант света	Квант света + $\bar{e}$
Донор электронов	Вода: $H_2O \rightleftarrows H^+ + OH^-$ $OH^- \to \bar{e} + OH$	ФСII, ФСI
Переносчики электронов	Цитохромы	Цитохромы и ферредоксин
Место локализации процесса	В пределах мембраны тилакоида	В мембране тилакоида и за ее пределами
Роль	Перенос электронов на ФСI и возбуждение ее реакционного центра	1. Возвращение электронов в электронно-транспортную цепь 2. Вынос электронов за пределы мембран тилакоида
Участие в синтезе АТФ	Синтез АТФ только в ходе нециклического фосфорилирования	1. Синтез АТФ в ходе и циклического, и нециклического фосфорилирования 2. Восстановление кофермента — переносчика НАДФ$^+$
Типы фотофосфорилирования (внутри мембраны тилакоида)	Нециклическое фосфорилирование — однонаправленный поток электронов от ФСII к ФСI; при этом синтезируется АТФ	1. Циклическое фосфорилирование, при котором поток электронов идет от ФСI в электронно-транспортную цепь и опять возвращается к ФСI; при этом синтезируется АТФ.

Окончание табл. 37

Признаки	Фотосистема II (ФСII)	Фотосистема I (ФСI)
Типы фотофосфорилирования (внутри мембраны тилакоида)		2. Нециклическое фосфорилирование, при котором поток электронов идет от ФСII к ФСI и далее за пределы мембраны тилакоида

Пояснения к таблице 38

В литературе встречаются различные формы записи восстановленной формы НАД (и соответственно НАДФ): НАДвосстан., НАД · Н, НАДН + H^+; НАД · H_2. Как это ни покажется странным, ни одна из них не является ошибочной. Для того чтобы разобраться в этом вопросе, следует рассмотреть механизм восстановления данного кофермента.

Амид никотиновый кислоты, входящий в состав НАД, заряжен положительно, поэтому при взаимодействии НАД с окисляемым органическим веществом, содержащим водород (AH_2), субстратом происходит следующая реакция: $НАД^+ + AH_2 \rightarrow НАД \cdot H + H^+ + A$. Один атом водорода присоединяется к амиду никотиновой кислоты, а от второго атома водорода отрывается лишь электрон, который также присоединяется к молекуле акцептора, делая ее электронейтральной. Акцептированный коферментом водород становится активным, способным легко взаимодействовать с последующими акцепторами. Оставшийся от второго атома водорода протон H^+ временно остается в среде и участвует в химических реакциях позднее. Так образуется восстановленная форма НАД · Н + + H^+; сокращенной записью этой формулы является НАД · H_2. Но суть процесса взаимодействия НАД с субстратом заключается не в превращениях НАД, а в активации водорода. Можно даже сказать, что запись НАД · H_2 означает скорее «активированный, реакционноспособный водород», нежели «восстановленный кофермент». Поэтому можно использовать любую из приведенных форм записи восстановленной формы НАД. Однако в том случае, когда надо написать уравнение химической реакции и расставить в нем коэффициенты, удобнее пользоваться формулой НАД · H_2, так как в этом случае не надо «держать в уме» второй протон.

Таблица 38. Переносчики водорода и электронов в клетке

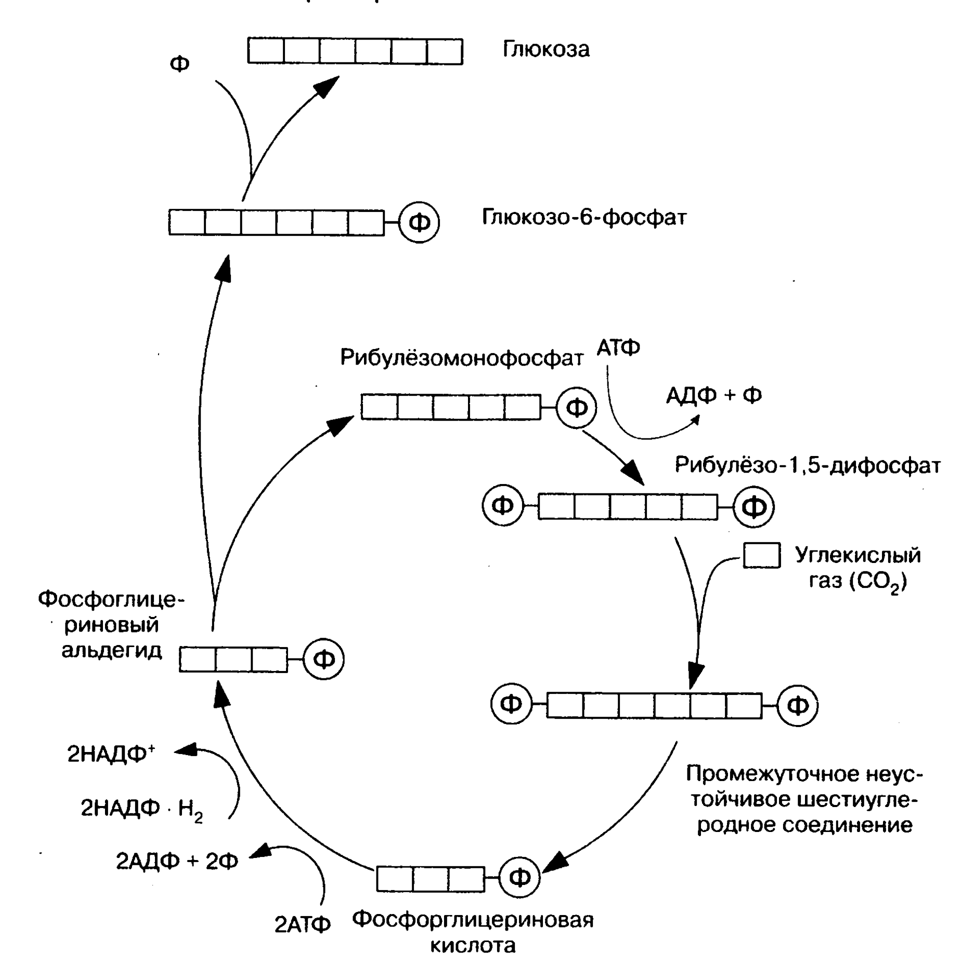
Признаки	Название переносчиков			
	НАД (никотинамидадениндинуклеотид)	**НАДФ (никотинамидадениндинуклеотидфосфат)**	**ФАД (флавинадениндинуклеотид)**	**Гемины**
Класс химических соединений	Пиридиновые динуклеотиды		Флавиновые динуклеотиды	В основном — железопорфирины
Состав	Амид никотиновой кислоты – Рибоза – Фосфат | Аденин – Рибоза – Фосфат	Амид никотиновой кислоты – Рибоза – Фосфат | Аденин – Рибоза (– Фосфат) – Фосфат	Флавин – Спиртпроизводное рибозы – Фосфат | Аденин – Рибоза – Фосфат	Основу составляет порфириновое ядро, состоящее из четырех пятичленных гетероциклов — пиррольных колец, атомы азота которых соединены в центре с атомом железа
В состав каких ферментов входят	Являются простетическими группами различных дегидрогеназ			Являются простетическими группами цитохромов (которых насчитывается около 30)

Функция в окислительно-восстановительных реакциях	Перенос водорода. (Активация водорода и передача протонов H^+ и электронов $\overline{e}$ другим акцепторам.)			Перенос электронов $\overline{e}$
Механизм выполнения своей функции: на клеточном уровне	Отрывает водород непосредственно от окисляющегося субстрата и передает его другим акцепторам (в дыхательной цепи — ФАД)	Функционирует аналогично НАД, но в дыхательной цепи не участвует	Отрывает водород либо от окисляющегося субстрата, либо от предыдущего восстановленного акцептора. (В дыхательной цепи отрывает водород от НАД · H_2 и передает его следующему акцептору.)	Составляют последовательность переносчиков одних только электронов, которые при диссимиляции получают от предыдущего промежуточного акцептора водорода (в дыхательной цепи), а при фотосинтезе — из фотосистем. (Последний переносчик в дыхательной цепи передает электроны на свободный кислород O_2.)

Окончание табл. 38

Признаки	Название переносчиков			
	НАД (никотинамидаденин-динуклеотид)	**НАДФ (никотинамидаде-ниндинуклеотидфосфат)**	**ФАД (флавинадениндинук-леотид)**	**Гемины**
на молекулярном уровне	Непосредственный акцептор водорода — амид никотиновой кислоты. НАД + AH_2 → НАД · H_2 + А (НАД — окисл. форма; НАД · H_2 — восстан. форма) Может преобразовываться в НАДФ: НАД + Ф → НАДФ	Аналогично НАД НАДФ + AH_2 → НАДФ · H_2 + А (НАДФ — окисл. форма; НАДФ · H_2 — восстан. форма) Может преобразовываться в НАД: НАДФ – Ф → НАД	Непосредственный акцептор водорода — флавин ФАД + AH_2 → ФАДH_2 + А (ФАД — окисл. форма; ФАДH_2 — восстан. форма)	Акцептор электрона — окисленное железо Fe^{3+}, которое принимает электрон $\bar{e}$ и становится восстановленным: $Fe^{3+} + \bar{e} \rightarrow Fe^{2+}$ Восстановленная форма железа становится донором электрона для следующего цитохрома, сама при этом окисляясь: $Fe^{2+} - \bar{e} \rightarrow Fe^{3+}$ (Последний переносчик в дыхательной цепи передает электрон не на атом металла, а на свободный кислород: $O_2 + \bar{e} \rightarrow O_2$)
В каких процессах клеточного метаболизма участвует	III (аэробный) этап диссимиляции	В основном фотосинтез	III (аэробный) этап диссимиляции	Электронно-транспортные цепи в ходе ассимиляции и диссимиляции
Эквивалент АТФ	3 АТФ	3 АТФ	2 АТФ	—

Схема 17. Темновая фаза фотосинтеза



Каждый прямоугольник □ означает один атом углерода, входящий в углеродный скелет молекулы.

Пояснение к схеме 17. Темновая фаза фотосинтеза

В ходе темновой фазы происходит фиксация углерода, т. е. происходит образование органического вещества (углеводов) из неорганического (углекислого газа). Реакции этой фазы фотосинтеза происходят в строме хлоропластов. В ходе их не используется энергия солнечного света, а используется энергия химических соединений (АТФ и НАДФ · H_2, образовавшихся в световую фазу), поэтому данная фаза и называется темновой.

Фиксация углекислого газа — ключевой момент всей темновой фазы. Акцептором углекислого газа является пятиуглеродное

соединение рибулёзо-1,5-дифосфат (РДФ). (Эту реакцию катализирует самый распространенный фермент — рибулёзодифосфат-карбоксилаза. На его долю приходится примерно 0,2% от массы всего белка, существующего на Земле.) Получающееся шестиуглеродное соединение очень неустойчиво, и оно сразу же распадается на две молекулы трехуглеродного соединения — фосфоглицериновой кислоты (ФГК). Затем ФГК восстанавливается в фосфоглицериновый альдегид (ФГА); в этом процессе участвуют АТФ и НАДФ · H_2. Часть молекул образовавшегося ФГА идет на образование глюкозы (из двух молекул ФГА через серию промежуточных реакций образуется одна молекула глюкозы), а другая часть идет на регенерацию акцептора углекислого газа — рибулёзо-1,5-дифосфата (из пяти молекул ФГА через длинную серию промежуточных реакций образуется три молекулы РДФ). Из данного описания видно, что цепь реакций темновой фазы имеет циклический характер, поэтому она и была названа циклом Кальвина в честь открывшего ее американского ученого М. Кальвина. Цикл Кальвина — наиболее распространенный в природе способ фиксации растениями углекислого газа, хотя имеются и другие, гораздо менее распространенные — путь C_4 и кислотный метаболизм толстянковых.

Таблица 39. Сопоставление фотосинтеза и дыхания эукариот

Признаки	Фотосинтез	Дыхание
Используемые вещества	Углекислый газ, вода	Органические вещества, кислород
Итог процесса	Синтезируется органическое вещество и выделяется свободный кислород (в результате фотолиза воды)	Разлагается органическое вещество, выделяются углекислый газ и вода
Превращение энергии	Поглощается энергия света, которая преобразуется в энергию химических связей органического вещества (в основном углеводов)	Высвобождается энергия химических связей органического вещества (в основном углеводов), которая преобразуется в энергию макроэргических связей АТФ
Место образования АТФ	Хлоропласты	Митохондрии

Окончание табл. 39

Признаки	Фотосинтез	Дыхание
Важнейшие этапы процесса	Световая и темновая фазы (цикл Кальвина)	Гликолиз и цикл Кребса
Место осуществления процесса	Хлоропласты растительных клеток	Гиалоплазма и митохондрии всех эукариотических клеток
Отношение к солнечному свету	Происходит только на свету	Происходит и на свету, и в темноте, так как не нуждается в солнечном свете
Суммарное уравнение	$6CO_2 + 6H_2O$ + энергия света $\rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow$	$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 +$ $+ 6H_2O$ + энергия (АТФ)

Пояснения к таблице 40

Хемосинтез — способ автотрофного питания, при котором источником энергии для синтеза органических веществ служат процессы окисления различных неорганических веществ: аммиака, сероводорода, серы, водорода и соединений железа (в отличие от фотосинтеза, при котором источником энергии является солнечный свет). Источником водорода для восстановления углекислого газа в ходе хемосинтеза является вода. Хемосинтез был открыт русским ученым С. Н. Виноградским в 1887 г.

Важнейшей группой хемосинтезирующих организмов являются нитрифицирующие бактерии, способные окислять аммиак, образующийся при гниении органических остатков, сначала до азотистой, а затем до азотной кислоты:

$$2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O + 663 \text{ кДж}$$

$$2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3 + 142 \text{ кДж}$$

Этот процесс сопровождается выделением энергии. Азотная кислота, реагируя с минеральными соединениями почвы, образует нитраты, которые хорошо усваиваются растениями.

Бесцветные серобактерии окисляют сероводород и накапливают в своих клетках серу:

$$2H_2S + O_2 = 2H_2O + 2S + 272 \text{ кДж}$$

При недостатке сероводорода бактерии производят дальнейшее окисление серы до серной кислоты:

$$2S + 3O_2 + 2H_2O = 2H_2SO_4 + 636 \text{ кДж}$$

Железобактерии окисляют двухвалентное железо до трехвалентного:

$$4FeCO_3 + O_2 + 6H_2O = 4Fe(OH)_3 + 4CO_2 + 324 \text{ кДж}$$

Водородные бактерии используют энергию, выделяющуюся при окислении молекулярного водорода:

$$2H_2 + O_2 = 2H_2O + 235 \text{ кДж}$$

Экологическая роль хемосинтеза велика. Нитрифицирующие бактерии широко распространены в природе; они встречаются в почве и в водоемах и участвуют в осуществлении круговорота азота в биосфере. Серобактерии, образуя серную кислоту, способствуют постепенному разрушению и выветриванию горных пород, разрушению каменных и металлических сооружений, выщелачиванию руд и серных месторождений. Серобактерии, окисляющие серу до сульфатов, участвуют в очищении промышленных сточных вод. В результате деятельности железобактерий образуется $Fe(OH)_3$, скопления которого образуют болотную железную руду. Водородные бактерии участвуют в окислении водорода, накапливающегося в результате жизнедеятельности некоторых микроорганизмов, в природных условиях. Они используются также для получения дешевого пищевого и кормового белка, а также для регенерации атмосферы в замкнутых системах жизнеобеспечения (например, система «Оазис-2» была испытана на космическом корабле «Союз-3» в 1973 г.).

Следует хорошо представлять себе различия между хемосинтезом серобактерий и фотосинтезом других групп серобактерий, с одной стороны, и различия между бактериальным фотосинтезом и фотосинтезом зеленых растений — с другой (см. табл. 40).

Вопросы для самоконтроля (синтез белка в клетке)

- Какие условия необходимы для биосинтеза белка?
- Какова роль ДНК в процессе биосинтеза белка?
- Каким образом происходит передача (транскрипция) информации с ДНК на РНК?
- Какова роль иРНК в процессе биосинтеза белка?
- Где образуется и какие функции выполняет тРНК?
- Чему соответствует разнообразие тРНК и как это выражено количественно?
- Что представляет собой антикодон у тРНК?
- Сколько видов аминокислот принимают участие в синтезе белков?
- Каково строение рибосом, где они образуются и размещаются?
- Что такое полисомы?

Таблица 40. Способы питания

Показатели	Автотрофные организмы		Гетеротрофные организмы	
	фототрофные	хемотрофные	сапротрофные	паразиты
Источник получения органического вещества	Углекислый газ, вода		Готовые органические вещества мертвых тел	Готовые органические вещества живых тел
Источник получения энергии	Солнечная радиация, свет	Реакции окисления неорганических соединений, идущие с выделением энергии	Реакции окисления белков, жиров, углеводов, идущие с выделением энергии	
Представители животного мира	Эвглена зеленая	Нет	Большинство животных	Простейшие, паразитические черви, клещи, насекомые
Представители растительного мира, бактерии, грибы	Все зеленые растения, окрашенные бактерии (пурпурные и зеленые, содержащие бактериохлорофилл)	Нитрифицирующие бактерии, серобактерии, железобактерии	Бактерии брожения, гнилостные бактерии, шляпочные грибы, дрожжевые, плесневые грибы	Вирусы, фаги, болезнетворные бактерии, паразитические грибы, цветковые растения — паразиты (омела, повилика, заразиха)

Таблица 41. Особенности основных способов автотрофной ассимиляции

Признак	Группы организмов		
	Хемосинтезирующие серобактерии	**Фотосинтезирующие серобактерии**	**Растения**
Представители	Бесцветные серобактерии	Зеленые и пурпурные серобактерии	Все растения
Тип питания	Автотрофный		
Наличие фотосистемы II	Отсутствует любая фотосистема	Отсутствует, поэтому кислород не выделяется	Имеется, поэтому при фотолизе выделяется кислород
Источник энергии для восстановления CO_2	Окисление H_2S (при недостатке H_2S — окисление S)	Солнечный свет	
Источник водорода для восстановления CO_2	Вода H_2O	H_2S	Вода H_2O
Роль H_2S	Источник энергии для восстановления CO_2	Источник водорода для восстановления CO_2	Не играет роли
Уравнение реакции (или продукты реакции)	Различные сложные органические вещества, но не глюкоза, как у фотосинтезирующих организмов	$6CO_2 + 12H_2S \rightarrow$ $\xrightarrow{\text{Е св}} C_6H_{12}O_6 +$ $+ 12S + 6H_2O$ (Е св — энергия солнечного света)	$6CO_2 + 6H_2O \rightarrow$ $\xrightarrow{\text{Е св}} C_6H_{12}O_6 +$ $+ 6O_2$ (Е св — энергия солнечного света)

Вопросы для самоконтроля (продолжение)

- Какой процесс происходит в рибосомах и какова роль рРНК?
- Какой процесс при биосинтезе белка называют трансляцией?
- Что представляет собой мономер белковой молекулы?

- Что представляет собой полипептидная цепь?
- Какая структура белка формируется из полипептидной цепи?
- Почему синтез белка в живой клетке называют матричным?
- Чем объясняется многообразие белков и их специфичность?
- Воспроизведите этапы биосинтеза молекулы белка: 1) в хромосоме; 2) на рибосомах; 3) в каналах эндоплазматической сети.

Контрольная работа № 15

1. Какие компоненты клетки непосредственно участвуют в биосинтезе белка (рибосомы, ядрышко, ядерная оболочка, хромосомы)?
2. Какова функция ДНК в синтезе белка (самоудвоение, транскрипция, синтез тРНК и рРНК)?
3. Чему соответствует информация одного гена молекулы ДНК (белок, аминокислота, ген)?
4. Какая структура ядра содержит информацию о синтезе одного белка (молекула ДНК, триплет нуклеотидов, ген)?
5. Какие компоненты составляют тело рибосомы (мембраны, белки, углеводы, РНК, жиры)?
6. Чему соответствует триплет иРНК (аминокислота, белок)?
7. Сколько аминокислот участвуют в биосинтезе белков (100, 30, 20)?
8. Что образуется на рибосоме в процессе биосинтеза белка (белок третичной структуры, белок вторичной структуры, полипептидная цепь)?
9. Где формируются сложные структуры молекулы белка (рибосома, матрикс цитоплазмы, каналы эндоплазматической сети)?

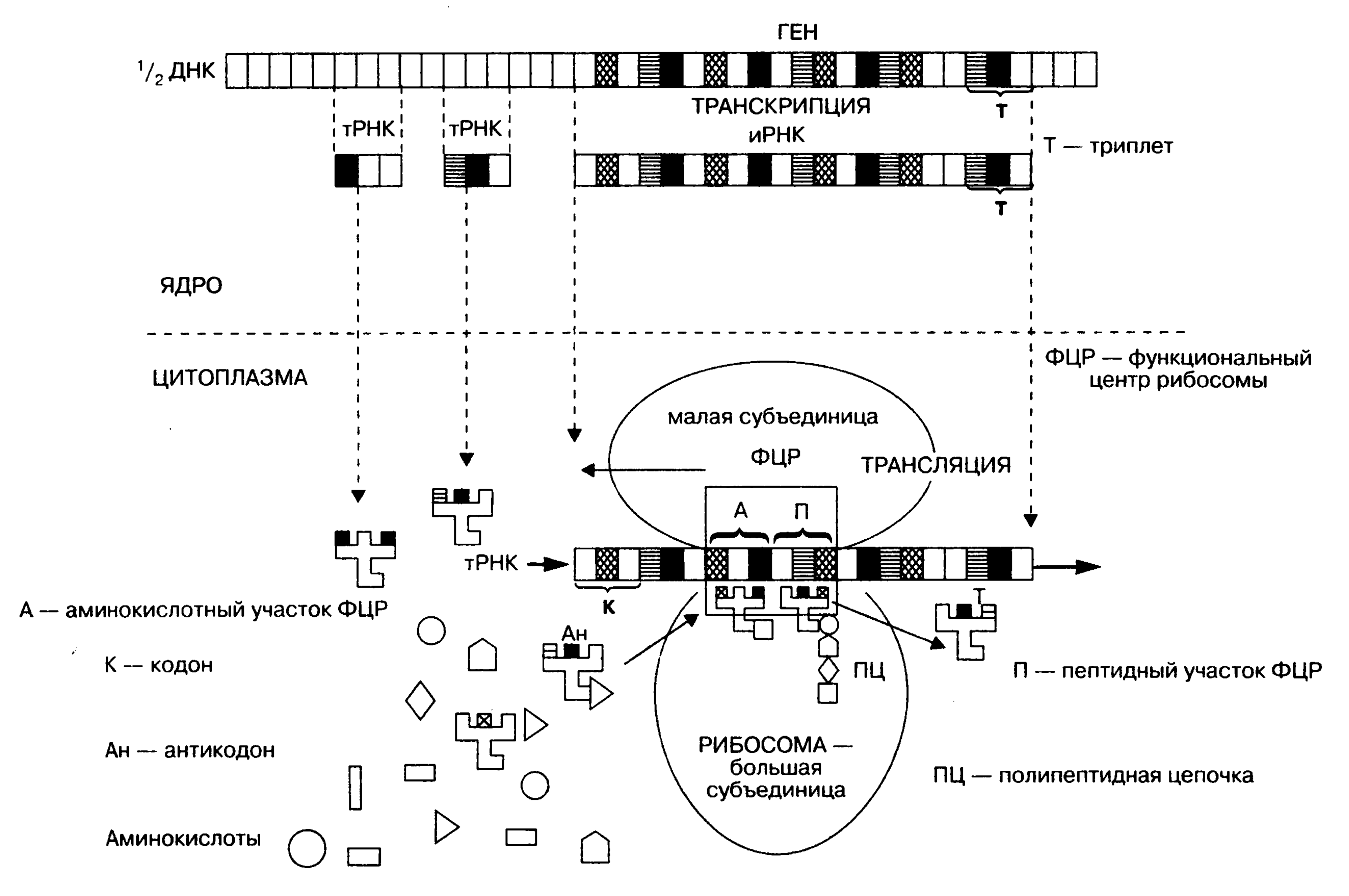
Биосинтез белка

Пояснения к схеме 18

Синтез белка состоит из двух этапов — транскрипции и трансляции.

I. Транскрипция (переписывание) — биосинтез молекул РНК, осуществляется в хромосомах на молекулах ДНК по принципу матричного синтеза. При помощи ферментов на соответствующих участках молекулы ДНК (генах) синтезируются все виды РНК (иРНК, рРНК, тРНК). Синтезируется 20 разновидностей тРНК, так как в биосинтезе белка принимают участие 20 аминокислот. Затем иРНК и тРНК выходят в цитоплазму, рРНК

Схема 18. Биосинтез белка



встраивается в субъединицы рибосом, которые также выходят в цитоплазму.

II. Трансляция (передача) — синтез полипептидных цепей белков, осуществляется на рибосомах. Она сопровождается следующими событиями:

1. Образование функционального центра рибосомы — ФЦР, состоящего из иРНК и двух субъединиц рибосом. В ФЦР всегда находятся два триплета (шесть нуклеотидов) иРНК, образующих два активных центра: А (аминокислотный, или аминоацильный) — центр узнавания аминокислоты и П (пептидный, или пептидильный) — центр присоединения аминокислоты к пептидной цепочке.

2. Транспортировка аминокислот, присоединение к тРНК, из цитоплазмы в ФЦР. В активном центре А осуществляется считывание антикодона тРНК с кодоном иРНК, в случае комплементарности возникает связь, которая служит сигналом для продвижения (скачка) рибосомы вдоль иРНК на один триплет. В результате этого комплекс «кодон иРНК и тРНК с аминокислотой» перемещается в активный центр П, где и происходит присоединение аминокислоты к пептидной цепочке (белковой молекуле). После чего тРНК покидает рибосому.

3. Пептидная цепочка удлиняется до тех пор, пока не закончится трансляция и рибосома не соскочит с иРНК. На одной иРНК может умещаться одновременно несколько рибосом (образуется полисома). Полипептидная цепочка погружается в канал эндоплазматической сети и там приобретает вторичную, третичную или четвертичную структуру. Скорость сборки одной молекулы белка, состоящего из 200–300 аминокислот, составляет 1–2 мин.

Формула биосинтеза белка:

ДНК (транскрипция) → РНК (трансляция) → белок

Словарь основных терминов и понятий

Интрон — последовательность нуклеотидов ДНК эукариотов, не несущая генетической информации (гены прокариот не содержат интронов). Одни гены могут содержать несколько десятков интронов, другие могут не содержать их совсем. После транскрипции последовательности нуклеотидов РНК, соответствующие интронам, удаляются в ходе сплайсинга.

Кодон — триплет нуклеотидов. Кодирует один аминокислотный остаток или служит сигналом (для начала или завершения белкового синтеза). Термин употребляется и по отношению к ДНК, и по отношению к РНК.

Оперон — участок ДНК, транскрипция которого осуществляется на одну молекулу информационной РНК под контролем одного специального белка-регулятора. Концепция оперона была предложена в 1961 г. Ф. Жакобом и Ж. Мано для объяснения механизма «включения» и «выключения» генов в зависимости от потребности клетки прокариотического организма в веществах, синтез которых контролируют эти гены. Дальнейшие эксперименты позволили дополнить эту концепцию, а также подтвердили, что оперонная регуляция (т. е. регуляция на уровне транскрипции) является основным механизмом регуляции активности генов у прокариот и ряда вирусов.

В состав оперона прокариот входят структурные гены и регуляторные элементы (не путать с геном-регулятором). Структурные гены кодируют белки, осуществляющие последовательно этапы биосинтеза какого-либо вещества. Этих генов может быть один, два или несколько. Они тесно сцеплены друг с другом и, что самое главное, в ходе транскрипции работают как один единый ген: на них синтезируется одна общая молекула иРНК, которая лишь потом расщепляется на несколько иРНК, соответствующих отдельным генам. Регуляторными элементами являются следующие:

— промотор — участок связывания фермента, осуществляющего транскрипцию ДНК — РНК-полимеразы. Является местом начала транскрипции. Представляет собой короткую последовательность из нескольких десятков нуклеотидов ДНК, с которой специфически связывается РНК-полимераза. Кроме того, промотор определяет, какая из двух цепей ДНК будет служить матрицей для синтеза иРНК;

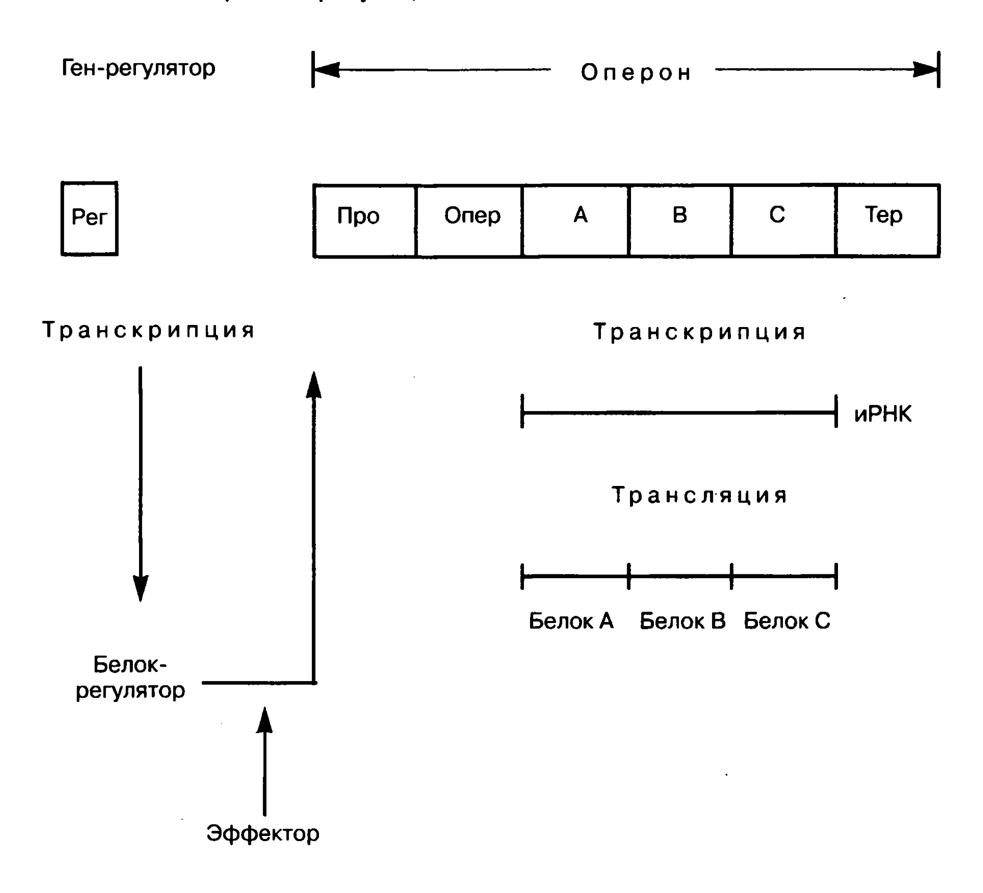
— оператор — участок связывания регуляторного белка;

— терминатор — участок в конце оперона, сигнализирующий о прекращении транскрипции.

На работу оператора данного оперона влияет самостоятельный ген-регулятор, синтезирующий соответствующий регуляторный белок. Этот ген не обязательно располагается рядом с опероном. Кроме того, один регулятор может регулировать транскрипцию нескольких оперонов. Ген-регулятор также имеет

собственный промотор и терминатор. Регуляторные белки бывают двух типов: белок-репрессор или белок-активатор. Они присоединяются к специфическим нуклеотидным последовательностям ДНК оператора, что либо препятствует транскрипции генов (негативная, отрицательная регуляция), либо способствует ей (позитивная, положительная регуляция); механизмы их работы противоположны. Кроме того, на работу белков-репрессоров могут влиять вещества — эффекторы: соединяясь с репрессором, они влияют на его взаимодействие с оператором.

Схема 19. Оперонная регуляция биосинтеза белков



Про — промотор
Опер — оператор
А, В, С, — структурные гены
Тер — терминатор

Таблица 42. Способы регуляции работы оператора

Признаки	Положительная регуляция	Отрицательная регуляция
Тип белка	Активатор	Репрессор
Условие, необходимое для начала транскрипции	Присоединение белка к оператору	Отсутствие белка на операторе
Условие, при котором начало транскрипции невозможно	Отсутствие белка на операторе	Присоединение белка к оператору

У эукариот транскрипция осуществляется с участков, подобных оперонам прокариот и также состоящих из регуляторных и структурных генов, однако у оперонов эукариот имеется ряд особенностей.

1. В состав оперона эукариот входит лишь один структурный ген (а не несколько — как у прокариот).

2. Оперон эукариот почти всегда содержит только структурный ген, а прочие гены разбросаны по хромосоме или даже по разным хромосомам.

3. Оперон эукариот состоит из чередующихся друг с другом значащих (экзонов) и незначащих (интронов) участков. При транскрипции считываются как экзоны, так и интроны, а затем в ходе процессинга происходит вырезание интронов (сплайсинг).

У эукариот механизмы регуляции активности отдельных генов и генома в целом довольно сложны, и рассмотрение этих вопросов выходит далеко за рамки школьного курса биологии.

Процессинг (англ. processing — обработка, переработка) — процесс формирования зрелых молекул РНК из их предшественников (пре-РНК). Иными словами, это совокупность реакций, ведущих к превращению первичных продуктов транскрипции (т. е. пре-РНК различных видов) в функционирующие молекулы.

Процессинг т- и рРНК в основном сводится к удалению лишних фрагментов с концов молекул. Что касается иРНК, то у эукариот ее процессинг осуществляется многоступенчато. Основными его событиями являются следующие:

— модификация концов молекулы иРНК, в ходе которой к концам молекулы присоединяются специфические короткие последовательности нуклеотидов, обозначающие место начала и место конца трансляции;

— сплайсинг — удаление неинформативных последовательностей РНК, соответствующих интронам ДНК.

У прокариот иРНК не подвергаются процессингу — они способны работать сразу после синтеза.

У всех организмов процессинг РНК происходит в ядре. Для каждого типа молекул он осуществляется специальным ферментом (или группой ферментов).

(Процессингу также могут подвергаться и продукты трансляции, т. е. полипептиды, непосредственно считанные с иРНК. Таким изменениям подвергаются молекулы — предшественники многих белков — пищеварительных ферментов, коллагена, некоторых гормонов, иммуноглобулинов и др., после чего они начинают реально функционировать в организме.)

Сплайсинг — удаление последовательностей нуклеотидов РНК, соответствующих интронам ДНК, и соединение участков с транскрибируемыми последовательностями экзонов. В результате сплайсинга молекулярная масса иРНК уменьшается примерно в 10 раз.

Транскрипция (лат. transcriptio — переписывание) — биосинтез молекул РНК, осуществляемый на молекулах ДНК по принципу матричного синтеза.

Трансляция (лат. translatio — передача) — синтез полипептидных цепей, осуществляемый в рибосомах.

Экзон — информативная последовательность нуклеотидов ДНК. После транскрипции отдельные последовательности нуклеотидов РНК, соответствующие экзонам, в ходе сплайсинга соединяются в единую последовательность, которая и является основной частью зрелой молекулы иРНК. Все экзоны данного гена полностью представлены в молекуле зрелой иРНК, кодирующей первичную структуру белка.

ТЕМА. Деление клеток. Размножение

Деление клетки, мейоз и оплодотворение — основа размножения и индивидуального развития организма. Подготовка клетки к делению. Удвоение молекулы ДНК. Хромосомы, их гаплоидный и диплоидный набор, постоянство числа хромосом и их формы. Деление клетки и его значение. Половое и бесполое размножение организмов. Половые клетки. Мейоз. Развитие яйцеклетки и сперматозоида. Оплодотворение. Развитие зародыша (на примере животных). Постэмбриональное развитие. Вредное влияние алкоголя и никотина на развитие организма человека.

Деление клеток

Задание 9

- Повторить имеющийся учебный материал.
- Изучить таблицы 43–45.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Дать подписи к рисункам 5–7.
- Выполнить контрольную работу № 16.
- По словарю повторить термины и понятия.

Таблица 43. Митотический цикл и митоз

Фазы		**Процесс, происходящий в клетке**
Интерфаза (фаза между делениями клеток)	Пресинтетический период g_1 2n2c	Подготовка клетки к построению второй хроматиды каждой хромосомы: а) синтез белков-ферментов (необходимых для образования РНК и веществ, входящих в состав ДНК), б) синтез рРНК, иРНК и тРНК, в) образование рибосом, г) синтез пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов, д) синтез АТФ, е) деление митохондрий и пропластид (у растений), ж) образование всех одномембранных органелл клетки, з) рост клетки
	Синтетический период S 2n2c → 2n4c	Построение второй хроматиды и формирование двухроматидных хромосом: а) редупликация (удвоение) ДНК, б) синтез белков-гистонов, необходимых для построения хроматиды, и их миграция в ядро, в) сборка второй хроматиды из ДНК и белков-гистонов
	Постсинтетический период g_2 2n4c	Подготовка клетки к делению: а) интенсивный синтез белков (цитоплазматических белков и белков, участвующих в клеточном делении), б) синтез РНК, в) деление митохондрий и пропластид у растений, г) синтез АТФ, д) удвоение массы цитоплазмы, е) резкое возрастание объема ядра

Окончание табл. 43

Фазы		Процесс, происходящий в клетке
Фазы митоза	Профаза (первая фаза деления) 2n4c	Двухроматидные хромосомы спирализуются, ядрышки растворяются, центриоли расходятся, ядерная оболочка растворяется, образуются нити веретена деления
	Метафаза (фаза скопления хромосом) 2n4c	Нити веретена деления присоединяются к центромерам хромосом, двухроматидные хромосомы сосредоточиваются на экваторе клетки
	Анафаза (фаза расхождения хромосом) 2n4c → 2n2c	Центромеры делятся, однохроматидные хромосомы растягиваются нитями веретена деления к полюсам клетки
	Телофаза (фаза окончания деления) 2n2c	Однохроматидные хромосомы деспирализуются, сформировывается ядрышко, восстанавливается ядерная оболочка, на экваторе начинает закладываться перегородка между клетками или образуется перетяжка, растворяются нити веретена деления

Вопросы для самоконтроля

- Какие существуют типы деления клеток?
- Чем отличается амитоз от других типов деления клеток и для каких организмов он характерен?
- Что такое митоз? В чем его биологический смысл?
- Какие процессы происходят в ядре в интерфазе?
- Почему к началу митоза хромосомы состоят из двух хроматид?
- Какие изменения происходят в профазе митоза в ядре?
- К какому участку хромосомы присоединяется нить веретена деления?
- Что характерно для метафазы митоза?
- Какие хромосомы расходятся к полюсам клетки в анафазе?
- Почему телофазу называют «профаза наоборот»?
- Что представляют собой хромосомы к началу интерфазы?
- Сколько клеток образуется в результате митоза и с каким набором хромосом?
- Для каких клеток характерен мейоз?
- Какие хромосомы называют гомологичными?
- Как называются первый и второй этапы мейоза?
- На какие фазы делят мейоз I?

- Сколько клеток получается в результате мейоза I и с каким набором хромосом в каждой?
- Происходит ли синтез ДНК и удвоение хроматид после мейоза I?
- Что характерно для профазы I?
- Что такое конъюгация хромосом, когда она происходит и каково ее значение?
- Сколько хроматид участвует в перекресте?
- Какие хромосомы расходятся к полюсам в анафазе II?
- Сколько клеток получается в результате мейоза?
- Каким становится набор хромосом в каждой клетке, образовавшейся при мейозе, и сколько хроматид в каждой хромосоме?
- Какова сущность мейоза I и мейоза II?
- В чем отличие митоза от мейоза?

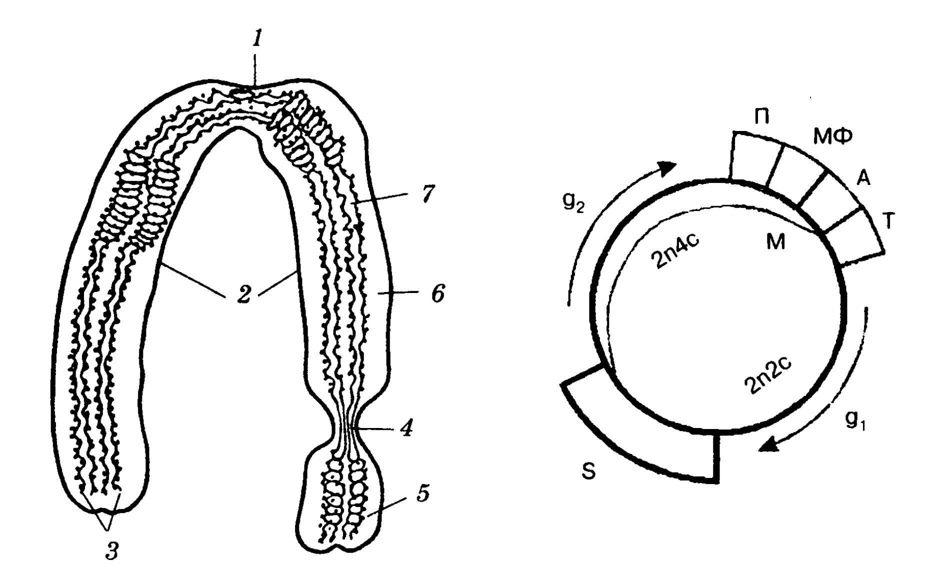


Рис. 5. Строение метафазной хромосомы

Рис. 6. Митотический цикл (*справа*)

Контрольная работа № 16

1. Какой тип деления клеток не сопровождается уменьшением набора хромосом (амитоз, мейоз, митоз)?
2. Какое деление характерно для соматических клеток (амитоз, митоз, мейоз)?
3. Какой набор хромосом получается при митотическом делении диплоидного ядра (гаплоидный, диплоидный)?
4. Сколько хроматид в хромосоме к началу профазы (2, 1)?
5. Сколько хроматид в хромосоме к концу митоза (2, 1)?

6. Сколько клеток образуется в результате митоза (1, 2, 3, 4)?
7. Какое деление сопровождается редукцией (уменьшением) числа хромосом в клетке в два раза (митоз, амитоз, мейоз)?
8. В какой фазе мейоза происходит конъюгация хромосом (профаза I, метафаза I, профаза II)?
9. В результате какого типа деления клетки получаются четыре гаплоидные клетки (митоз, мейоз, амитоз)?
10. Какой набор хромосом будет в клетках после деления, если в материнской было шесть хромосом (при митозе — , при мейозе —)?
11. Что выстраивается по экватору клетки в метафазе митоза (диплоидный набор гомологичных хромосом, биваленты, гаплоидный набор хромосом); в метафазе I мейоза (диплоидный набор гомологичных хромосом, биваленты, гаплоидный набор хромосом); в метафазе II мейоза (диплоидный набор гомологичных хромосом, биваленты, гаплоидный набор хромосом)?
12. В каком составе отходят хромосомы к каждому полюсу клетки в анафазе митоза (диплоидный набор однохроматидных хромосом, гаплоидный набор двухроматидных хромосом, гаплоидный набор двухроматидных хромосом); в анафазе I мейоза (диплоидный набор однохроматидных хромосом, гаплоидный набор двухроматидных хромосом, гаплоидный набор однохроматидных хромосом); в анафазе II мейоза (диплоидный набор однохроматидных хромосом, гаплоидный набор двухроматидных хромосом, гаплоидный набор однохроматидных хромосом)?

Пояснения к рис. 7. Сравнительная схема митоза и мейоза

Цифровые выражения под схематическими рисунками не являются математическими формулами, а части этих выражений не являются ни сомножителями, ни слагаемыми. Данные выражения являются сокращенными и наглядными записями, отражающими две характеристики ядра клетки: плоидность — n (т. е. число гаплоидных наборов хромосом в ней) и количество хроматина — c.

Формула ядра клетки в анафазе — 2n4c переходит в 2n2c.

Некоторые замечания по поводу изменения числа хромосом и количества хроматина в ходе клеточных делений

Чтобы не путаться при описании хода митоза и мейоза, надо всегда помнить, что в ходе деления в клетках изменяются и число хромосом, и количество хроматина, причем между изменениями этих двух характеристик клетки нет однозначной связи.

Тип деления		Профаза	Метафаза	Анафаза	Телофаза	Интерфаза
МИТОЗ		2n4c	2n4c	2n2c	2n2c	2n4c
МЕЙОЗ	I деление	2n4c	2n4c	n2c	n2c	Либо не происходит, либо происходит, но в ней отсутствуют синтетический период, т. е. нет редупликации ДНК
	II деление	n2c	n2c	nc	nc	
		n2c	n2c	nc	nc	

Рис. 7. Сравнительная схема митоза и мейоза (на примере одной пары гомологичных хромосом)

В разных фазах делений клетка может находиться то в диплоидном (2n), то в гаплоидном (n) состоянии. При этом речь идет о числе пар гомологичных хромосом в клетке (2 или 1 соответственно) вне зависимости от того, из скольких хроматид состоит каждая из этих хромосом. Например, в ходе митоза и в профазе, и в телофазе клетка диплоидна (2n), однако в первом случае каждая хромосома состоит из двух хроматид, а во втором — из одной.

Количество хроматина (c) условно можно охарактеризовать как общее число хроматид данной гомологичной пары. Понятно, что оно не однозначно связано с плоидностью клетки: ведь в разные фазы делений хромосомы могут состоять либо из одной, либо из двух хроматид. Так, например, равное количество хроматина будет иметь и клетка в телофазе митоза (2n2c), и клетка в профазе II мейоза (n2c). Однако в первом случае клетка будет диплоидна (имеется две хромосомы из каждой гомологичной пары, но каждая хромосома состоит из одной хроматиды), а во втором — гаплоидна (имеется лишь по одной хромосоме из каждой гомологичной пары, но каждая из этих хромосом состоит из двух хроматид).

Таблица 44. Сравнительная характеристика хода митоза и мейоза

Фаза клеточного цикла, ее итог	Митоз	Мейоз	
		I деление	II деление
Интерфаза: синтез ДНК, РНК, АТФ, белков, увеличение количества органелл, достраивание второй хроматиды каждой хромосомы (подробнее см. табл. 43)	Происходит перед каждым митозом 2n4c	Перед первым делением происходит 2n4c	Перед вторым делением либо не происходит вовсе, либо в ней отсутствует синтетический период (т. е. не происходит синтез ДНК, поскольку хромосомы уже имеют по две хроматиды) n2c

Продолжение табл. 44

Фаза клеточного цикла, ее итог	Митоз	Мейоз	
		I деление	II деление
Профаза: а) спирализация хромосом, б) разрушение ядерной оболочки, в) разрушение ядрышек, г) формирование митотического аппарата: расхождение центриолей к полюсам клетки, образование веретена деления	Непродолжительная. Клетка диплоидная, хромосомы двухроматидные 2n4c	Очень длительная, подразделяется на пять промежуточных стадий. Образуются биваленты (тетрады). Происходит конъюгация хроматид гомологичных хромосом, а затем кроссинговер 2n4c	Короткая. Каждая из двух клеток гаплоидна, хромосомы состоят из двух хроматид n2c
Метафаза: а) формирование экваториальной пластинки — хромосомы выстраиваются строго по экватору клетки, б) прикрепление нитей веретена деления к центромерам, в) к концу метафазы — начало разъединения сестринских хроматид	Клетка диплоидна. По экватору произвольно выстраиваются двухроматидные хромосомы. Нити веретена прикрепляются к центромере каждой хроматиды, т. е. к каждой хромосоме присоединяется по две нити 2n4c	Клетка диплоидна. По экватору выстраиваются биваленты гомологичных хромосом. Нити веретена прикрепляются к центромере каждой двухроматидной хромосомы, т. е. к каждой хромосоме присоединяется по одной нити 2n4c	Клетка гаплоидна. По экватору выстраиваются двухроматидные хромосомы. Хромосомы не имеют гомологов. Нити веретена прикрепляются к центоромере каждой хроматиды, т. е. к каждой хромосоме присоединяется по две нити n2c
Анафаза: а) завершение разделения сестринских хроматид, б) расхождение хромосом к полюсам клетки	К полюсам отходит по одной хроматиде каждой из хромосом 2n2c	К каждому полюсу отходит по одной из гомологичных хромосом. Каждая хромосома состоит из двух хроматид n2c	К полюсам отходит по одной хромосоме. Каждая хромосома состоит из одной хроматиды nc

Окончание табл. 44

Фаза клеточного цикла, ее итог	Митоз	Мейоз	
		I деление	II деление
Телофаза — формирование дочерних клеток: а) разрушение митотического аппарата, б) разделение цитоплазмы, в) деспирализация хромосом, г) формирование ядерных оболочек, д) восстановление ядрышек	Образуются две диплоидные клетки. Хромосомы однохроматидные. (У каждой хромосомы вторые хроматиды достроятся в ходе последующей интерфазы.) 2n2c	Образуются две гаплоидные клетки. Хромосомы двухроматидные. (Поскольку хромосомы уже имеют две хроматиды, редупликации ДНК не последует.) Разделения цитоплазмы и формирования клеточной мембраны может не происходить, и клетки сразу, минуя интерфазу, переходят в профазу II n2c	Образуются четыре гаплоидные клетки. Хромосомы однохроматидные. В целом фаза сходна с телофазой митоза. Половина образовавшихся клеток является некроссоверами (т. е. содержит хромосомы, сходные с родительскими), а половина является кроссоверами (по каждой конкретной хромосоме) nc

Таблица 45. Биологическое значение митоза и мейоза в природе

Показатель	Митоз	Мейоз
Итог клеточного деления	Две одинаковые диплоидные клетки (2n2c)	Четыре разнокачественные гаплоидные клетки (nc)
В ходе каких процессов происходит	В ходе заложения и роста всех органов растений и животных	У животных — в ходе гаметогенеза — образования гамет (сперматои овогенеза). У растений — в ходе спорогенеза

Окончание табл. 45

Показатель	Митоз	Мейоз
Каким клеткам свойствен	Соматическим клеткам (клеткам тела) животных и растений	У животных — гаметоцитам (клеткам, из которых образуются гаметы). У растений — спорогенным клеткам (из которых образуются споры)
Роль в природе	1. Генетическая стабильность — обеспечивает стабильность кариотипа соматических клеток в течение жизни одного поколения (т. е. в течение всей жизни организма). 2. Рост — увеличение числа клеток в организме — один из главных механизмов роста. 3. Бесполое размножение, регенерация утраченных частей, замещение клеток у многоклеточных организмов	1. Поддержание постоянного числа хромосом вида из поколения в поколение. (Диплоидный набор хромосом каждый раз восстанавливается в ходе оплодотворения в результате слияния двух гаплоидных гамет.) 2. Один из механизмов возникновения изменчивости в результате: — перекомбинации генов в профазе I в ходе конъюгации и кроссинговера (рекомбинации); — независимого расхождения хромосом; — возникновения различных комбинаций генов в зиготах в результате оплодотворения (комбинативная изменчивость)

Размножение

Задание 10

- Повторить учебный материал; проанализировать схему на рис. 8 и дать соответствующие подписи.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 17.
- Проанализировать таблицу 46 и схему 20.
- По словарю повторить термины и понятия.

Вопросы для самоконтроля

- В чем сущность биогенетического закона?
- Что характерно для процессов развития организма?
- Что включает в себя понятие «рост организма»?
- Какие существуют формы размножения?
- Чем отличаются вегетативное, бесполое и половое размножение?
- Какой способ деления клеток наблюдается во время роста организмов?
- Какой способ деления клеток предшествует образованию половых клеток?
- Каковы различия митоза и мейоза и в чем биологическая сущность каждого из них?
- Какое значение в эволюции организмов имеет половой процесс?
- Какой процесс называют гаметогенезом?
- Какие зоны выделяют в процессе прохождения сперматогенеза и овогенеза? Какой способ деления клеток характерен для каждой из этих зон?
- Сколько гамет образуется из одного сперматоцита и из одного овоцита I порядка?
- Каково строение сперматозоида?
- Как устроена яйцеклетка?
- Каково строение яйца птицы?
- Почему гаметы являются носителями наследственной информации?

Контрольная работа № 17

1. Для какого способа размножения характерно образование гамет (вегетативное, бесполое, половое)?
2. Какой набор хромосом имеют сперматозоиды (n, 2n), яйцеклетки (n, 2n), зигота (n, 2n)?
3. Что образуется в результате овогенеза (сперматозоид, яйцеклетка, зигота)?
4. В какой зоне при гаметогенезе происходит мейотическое деление клеток (зона роста, зона размножения, зона созревания)?
5. Какой из способов размножения организмов возник позже всех в процессе эволюции (вегетативное, бесполое, половое)?
6. Какая часть сперматозоида и яйцеклетки является носителем генетической информации (оболочка, цитоплазма, рибосомы, ядро)?
7. Что предшествует образованию сперматоцитов I порядка (митоз, мейоз), сперматозоидов II порядка (митоз, мейоз I, мейоз II), сперматозоидов (митоз, мейоз I, мейоз II)?
8. Какова роль направительных телец в овогенезе (они способствуют оплодотворению, они принимают избыточный ядерный материал при мейозе)?

9. Чем отличается сперматида от сперматозоида (неподвижная, с большой массой цитоплазмы, без цитоплазмы, с ядром, без ядра)?
10. Каким промежутком времени разделены мейоз I и мейоз II при овогенезе (один месяц, три месяца, десятки лет)?

Схема 20. Способы размножения организмов

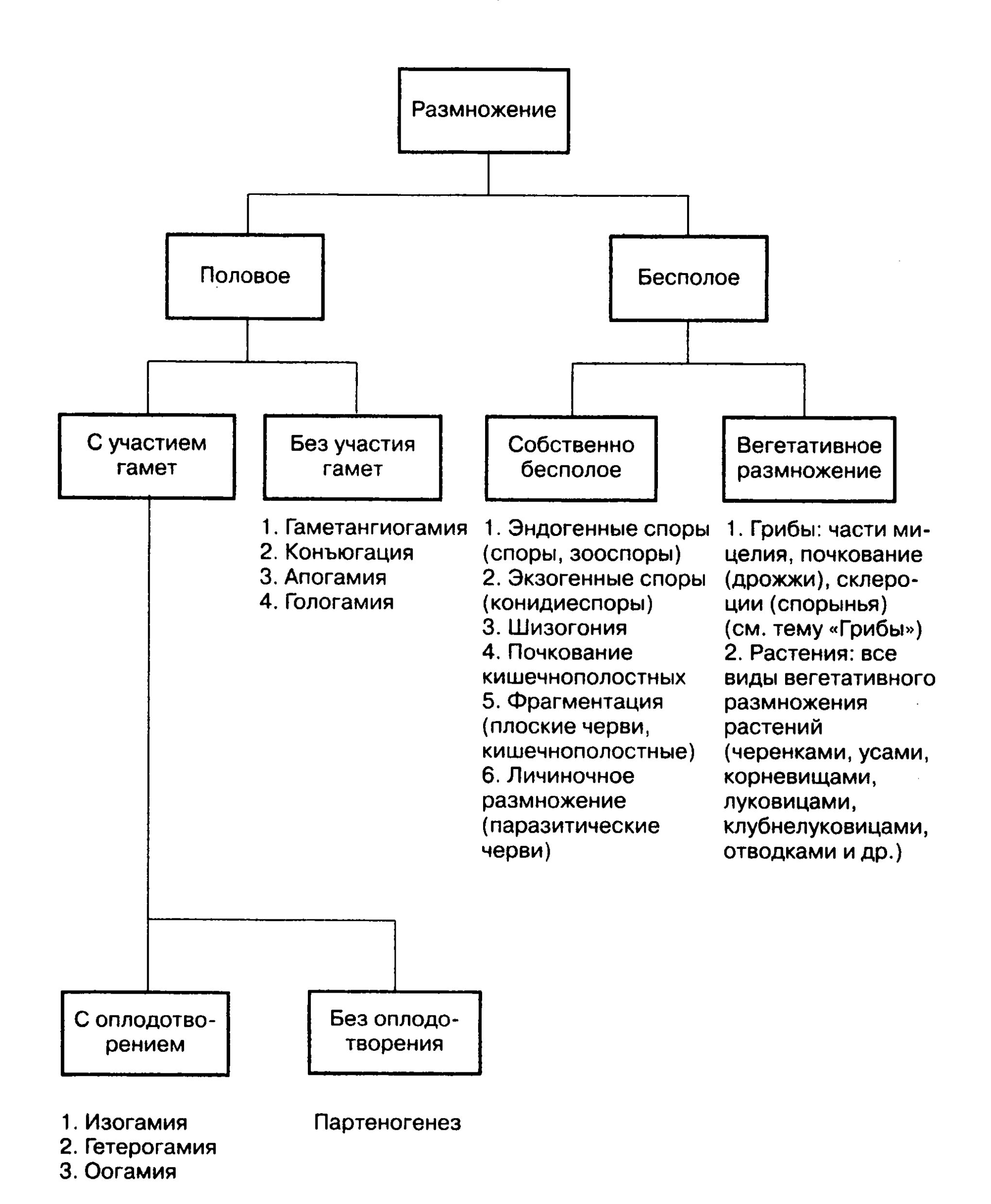


Таблица 46. Образование половых клеток

Зона	Тип деления клеток	Сперматогенез в семеннике	Овогенез в яичнике
Размножения I	Митоз	Клетки сперматогенной ткани делятся, образуются сперматоциты I порядка (диплоидные) с однохроматидными хромосомами (2n2c)	Клетки оогенной ткани (первичные половые клетки) делятся, образуя ооциты I порядка (диплоидные) с однохроматидными хромосомами (2n2c)
Роста II	Интерфаза	Сперматоциты I порядка увеличиваются в размерах. Синтез ДНК и достраивание второй хроматиды (2n4c)	Ооциты I порядка увеличиваются в размерах. Синтез ДНК и достраивание второй хроматиды (2n4c)
Созревания III	Мейоз	Сперматоциты I порядка делятся. При первом (редукционном) делении образуются сперматоциты II порядка (n2c). При втором (митотическом) делении из них формируются гаплоидные сперматиды (nc). Из каждого сперматоцита I порядка развиваются по четыре гаплоидных сперматиды с однохроматидными хромосомами (nc), а из них — сперматозоиды (nc)	Ооциты I порядка делятся. При первом (редукционном) делении образуются ооцит II порядка и направительное тельце (n2c). При втором (митотическом) делении формируются: из ооцита II порядка — яйцеклетка (nc) и направительное тельце (nc); из первого направительного тельца — два новых. В результате мейоза развиваются яйцеклетка и три направительных тельца (nc) — все клетки гаплоидные, хромосомы однохроматидные

Словарь основных терминов и понятий

Амитоз (от греч. «а» — отрицательная частица и «митоз») — прямое (простое) деление интерфазного ядра путем перетяжки. Происходит вне митотического цикла, т. е. не сопровождается сложной перестройкой всей клетки; спирализации хромосом

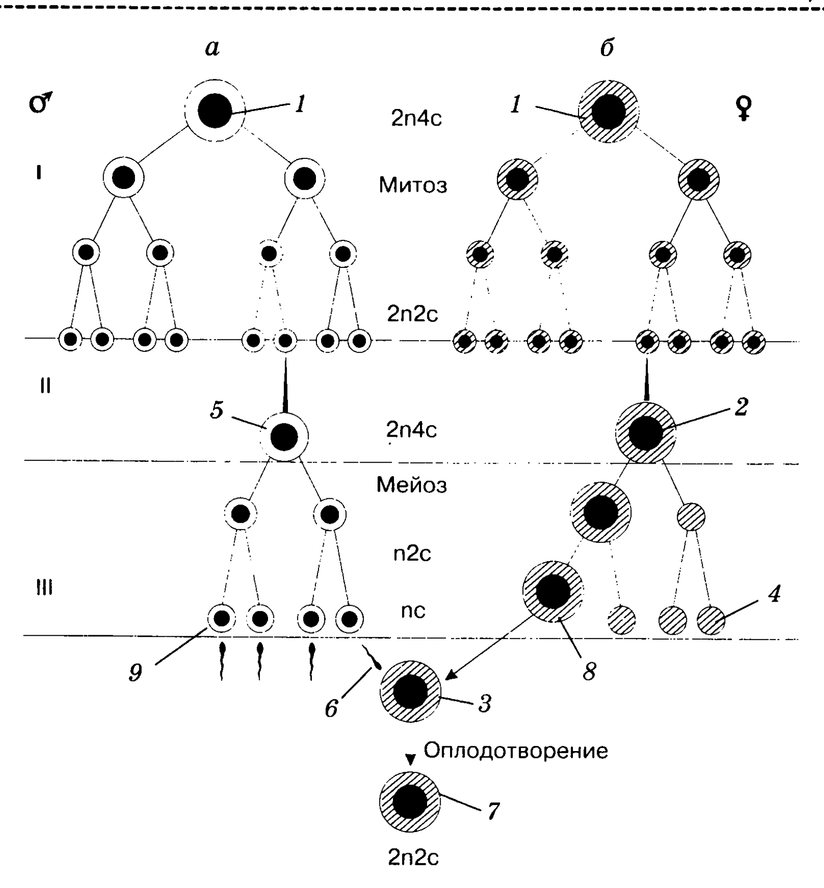


Рис. 8. Сперматогенез (*а*) и овогенез (*б*)

также не происходит. Понятно, что при этом не обеспечивается равномерное распределение генетического материала между дочерними ядрами. Амитоз может сопровождаться делением клетки, а может ограничиваться лишь делением ядра без разделения цитоплазмы, что приводит к образованию дву- и многоядерных клеток. Клетка, претерпевшая амитоз, в дальнейшем неспособна вступить в нормальный митотический цикл. По сравнению с митозом амитоз встречается довольно редко. В норме он наблюдается в высокоспециализированных тканях, в клетках, которым уже не предстоит делиться: в эпителии и печени позвоночных, в зародышевых оболочках млекопитающих, в клетках эндосперма семени растений. Амитоз наблюдается также при необходимости быстрого восстановления тканей (после операций и травм). Амитозом также часто делятся клетки злокачественных опухолей.

Апогамия (греч. «апо» — из, от, без и «гамия» — половой процесс). Половой процесс у растений без участия гамет. Их роль выполняют антиподы или синергиды у цветковых растений, а у высших споровых — клетки заростка. Зародыш формируется гаплоидный или диплоидный (некоторые представители семейства злаковых, сложноцветных, розоцветных, пасленовых, рутовых (цитрусовых).

Бесполое размножение — размножение, осуществляющееся с участием лишь одной особи. Различают собственно бесполое и вегетативное размножение. Собственно бесполое размножение свойственно простейшим животным (амеба, инфузория-туфелька, эвглена зеленая), у которых оно осуществляется в результате митотического деления клеток. Из многоклеточных животных бесполое размножение характерно для сидячей формы — полипов, образующих колонии. У растений при бесполом размножении образуются споры и зооспоры. Споры обычно характерны для сухопутных растений, зооспоры, имеющие жгутики, — для водных. Бесполым путем размножаются грибы, водоросли, при этом из спор может вырасти такая же особь. У высших споровых растений из спор образуются заростки.

Вегетативное размножение — размножение частями тела или группами клеток; при этом участвует только одна родительная особь. У растений это широко распространенный способ размножения (корневищами, клубнями, луковицами), который наблюдается в природе, а также используется в сельском хозяйстве. Растения размножают черенками, отводками, делением куста, клубнями, усами, луковицами. В новой технологии возделывания растений применяется еще один метод вегетативного размножения — метод культуры тканей, при котором из одной или нескольких клеток в стерильных условиях выращивают целое растение. Он применяется для размножения картофеля, овощных, лекарственных и декоративных растений, при этом эффект размножения очень высокий — из одной почки получают до 10 млн зачатков растений, свободных от болезней и хранящихся в замороженном состоянии длительное время. В нашей стране создана коллекция клеточных культур растительных и животных организмов.

Гаметангиогамия (греч. «гаметес» — супруг, «гамия» — половой процесс) — особая форма полового процесса, при котором в органах полового размножения (гаметангиях) не происходит образование гамет, поскольку происходит многократный

кариокинез (деление ядра) без цитокинеза (деления цитоплазмы). Образуется многоядерный протопласт. Два протопласта сливаются, а затем сливаются ядра (у мукора), а у сумчатых грибов сначала ядра объединяются парами (дикарионы), и лишь позднее половой процесс завершается.

Гаметогенез — процесс образования половых клеток.

Гаметы — половые клетки. Имеют вдвое меньшее число хромосом, чем соматические клетки. У животных образуются в результате мейоза, а у высших растений — в результате митоза.

Гаплоидная клетка (греч. «гаплос» — простой, одиночный; «эйдос» — вид) — клетка с одинарным набором гомологичных хромосом. Это значит, что из каждой гомологичной пары имеется лишь одна хромосома. У большинства животных и человека гаплоидны только половые клетки. У растений в норме имеется гаплоидная фаза жизненного цикла — гаметофит. Гаплоидные клетки и фаза развития обозначаются n.

Гетерогамия (греч. «гетерос» — другой, разный, «гамия» — половой процесс) — примитивная форма полового процесса, при котором сливаются две подвижные со жгутиками клетки разного размера — одна крупнее, другая мельче. Характерна для водорослей и хитридиевых грибов.

Гологамия (греч. «голос», «холос» — цельный, весь и «гамия» — половой процесс) — примитивная форма полового процесса у одноклеточных организмов, при котором гаметы не образуются, а сливаются целиком особи. Характерна для равножгутиковых зеленых водорослей и хитридиевых грибов.

Двойное оплодотворение — способ оплодотворения, характерный для покрытосеменных (цветковых) растений. Открыт в 1898 г. русским ученым С. Г. Навашиным. Сущность его заключается в том, что в оплодотворении участвуют одновременно два спермия — один сливается с яйцеклеткой, второй — с диплоидным центральным ядром зародышевого мешка. В результате двойного оплодотворения из завязи образуется плод, из семязачатка — семя, из зиготы — зародыш семени, из оплодотворенного центрального ядра — триплоидный эндосперм семени.

Деление клеток — процесс увеличения числа клеток путем деления исходной клетки. Согласно одному из положений клеточной теории, «клетки образуются только из клеток», что исключает «самозарождение» клеток или образование их из неклеточного «живого вещества». Известны три типа деления

клеток: митоз, амитоз, мейоз. **Митоз** характерен для соматических клеток (клеток тела) всех эукариот (растений и животных), он является универсальным типом деления. **Мейоз** осуществляется при образовании половых клеток у животных и спор у растений. **Амитоз** — это прямое деление клеток, не связанное с прохождением фаз, оно сопровождается перетяжкой ядра, часто без деления цитоплазмы (он характерен для клеток зародышевых оболочек животных или эндосперма семени растений). Одни клетки делятся часто, постоянно, например клетки эпителия, красного костного мозга, надкостницы у животных и человека, камбиальные клетки и клетки конусов нарастания у корня и стебля растений. Другие клетки, однажды возникнув, больше не делятся и живут столько же, сколько весь орган, например клетки нервной системы, мышц у животных или клетки кожицы, древесины, запасающей ткани у растений. Чем выше специализация клеток, тем ниже их способность делиться.

Диплоидная клетка (греч. «диплос» — двойной; «эйдос» — вид) — клетка, имеющая двойной набор гомологичных хромосом, т. е. имеющая по две гомологичные хромосомы. У большинства животных соматические клетки диплоидны; у большинства высших растений диплоидные клетки представляют основную фазу жизненного цикла — спорофит. Диплоидные клетки и фаза развития обозначаются 2n.

Зигогамия (греч. «зигон» — пара и «гамия» — половой процесс) — тип полового процесса у грибов. Его особенность заключается в отсутствии гамет, поскольку в многоядерном протопласте дифференцировки не происходит. Характерно для гриба мукора, у которого концы гиф многоядерного мицелия (+) и (−) сливаются, отделяются от остального мицелия и покрываются толстой оболочкой — образуется зигота. После некоторого периода покоя ядра тоже сливаются.

Изогамия (греч. «изос» — равный) — примитивная форма полового процесса, при котором сливаются две одинаковые по величине подвижные гаметы (+) и (−). Характерно для равножгутиковых зеленых водорослей и хитридиевых грибов.

Интерфаза (лат. «интер» — между и греч. «фазис» — период) — период клеточного цикла между двумя делениями. Продолжительность интерфазы различна, но всегда значительно длительнее, чем сам митоз. Так, у клеток эпителия тонкой кишки мыши интерфаза длится 12–18 ч, а митоз — 0,5–1 ч; у клеток корешка

конского боба — соответственно 25 и 0,5 ч. Во время интерфазы в клетке осуществляются все жизненно важные процессы: метаболизм, синтез ДНК, рост, синтез АТФ, построение органелл, т. е. реализуется наследственная информация. Интерфазу подразделяют на три периода: 1) g_1 — пресинтетический, когда происходит синтез РНК, белка и рост клетки; 2) S — синтетический, когда удваивается молекула ДНК путем репликации и достраивается вторая хроматида у хромосом; 3) g_2 — постсинтетический, когда синтезируется белок и клетка подготавливается к делению. При этом появляются специальные белки, из которых будут строиться нити веретена деления. Этот период называется еще премитотическим, так как деление может начаться лишь в том случае, если цитоплазма и ядро достигли значительных размеров и приобрели достаточную массу. В цитоплазме накапливается достаточно органелл, которые делятся, и достаточное количество энергии в виде АТФ, поскольку для всех движений и перемещений хромосом в клетке, построения веретена деления, образования межклеточных перегородок требуются большие затраты энергии. Клетки перед началом деления имеют диплоидный набор двухроматидных хромосом (2n4c).

Кариотип (греч. «карион» — ядро, «типос» — форма, образец) — совокупность внешних признаков хромосомного набора (число, форма, размер хромосом), характерных для данного вида. Обычно описание кариотипа проводят на стадии метафазы.

Клеточный цикл — период жизни клетки от конца одного деления до конца следующего. Он состоит из интерфазы (периода между двумя делениями) и собственно деления (в основном митоза). В интерфазе в клетке идет интенсивный метаболизм, синтез ДНК, РНК, белков, АТФ. Во время деления клеток перемещаются хромосомы, работает аппарат деления, образуются межклеточные перегородки. Продолжительность клеточного цикла различна. Так, у клеток бактерий он длится 20–30 мин, у инфузории-туфельки — до 24 ч, у амебы — 36 ч, у клеток корешка конского боба — 25,5 ч. У одних клеток клеточные циклы непрерывно следуют друг за другом, у других этот цикл совершается один раз. Клетки, не включающиеся в клеточный цикл, всю жизнь имеют диплоидный набор однохроматидных хромосом (2n2c), за исключением гаплоидных особей (трутни, заростки растений, некоторые водоросли) или полиплоидных организмов (тутовый шелкопряд, многие культурные растения).

Конидиеспоры, конидии (греч. «кония» — пыль, «эйдос» — вид) — споры бесполого размножения у грибов, отличающиеся от обычных спор тем, что они образуются не в спорангиях, а на выростах мицелия — открыто. Характерны для сумчатых (пеницилл, спорынья), базидиальных (ржавчинные, головневые) и несовершенных грибов.

Конъюгация (лат. «конъюгацио» — соединение) — форма полового процесса без участия гамет. Характерна для кишечной палочки (отдел Бактерии), инфузории-туфельки (тип Простейшие), у которых сближаются две одноклеточные особи и через цитоплазматический мостик обмениваются генетическим материалом. В результате конъюгации у бактерий не происходит увеличение числа особей. У зеленой водоросли спирогиры конъюгация происходит по-другому: две многоклеточные нити (+) и (−) встают параллельно друг другу, образуют встречные цитоплазматические мостики, по которым протопласт физиологически мужской особи перетекает в женскую нить. В результате образуется множество зигот.

Конъюгация хромосом (лат. «конъюгацио» — соединение) — попарное сближение гомологичных хромосом и переплетение их хроматид, при котором становится возможен кроссинговер. Конъюгируют только по одной хроматиде из каждой гомологичной хромосомы, прилегающей друг к другу. Конъюгация происходит в профазе I мейоза.

Кроссинговер (англ. crossing-over — перекрест) — взаимный обмен гомологичными участками гомологичных хромосом в результате разрыва и соединения в новом порядке их хроматид. Происходит в профазе I мейоза I. Возможность кроссинговера обеспечивается предшествующей ему конъюгацией, однако конъюгация не обязательно влечет за собой кроссинговер.

Мейоз (греч. «мейозис» — уменьшение) — способ деления клеток. Открыт в 1882 г. В. Флеммингом у животных, в 1888 г. Э. Страсбургером у растений. В результате мейоза диплоидный набор хромосом уменьшается вдвое и становится гаплоидным, поэтому мейоз называют еще редукционным делением. При этом из одной клетки образуются четыре дочерние. Особенностью мейоза является также обмен гомологичными участками парных (гомологичных) хромосом, а следовательно, и ДНК, прежде чем они разойдутся в дочерние клетки. Мейозу предшествует интерфаза, поэтому вступают в мейоз хромосомы двухро-

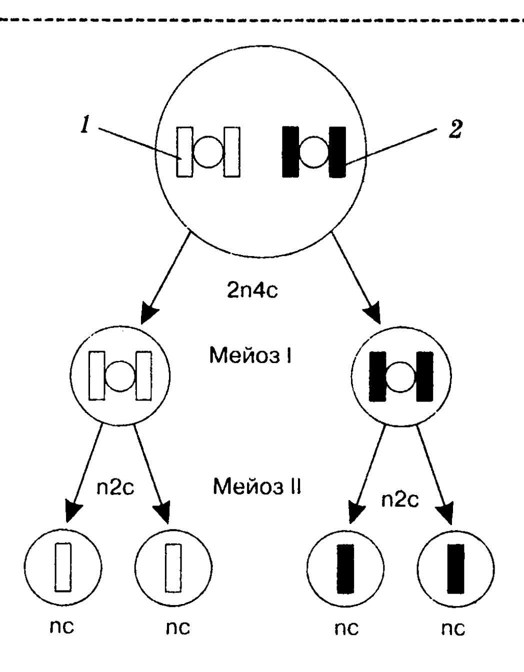


Рис. 9. Мейоз:
1 — двухроматидная хромосома от матери; *2* — парная ей хромосома от отца; n — хромосомы; с — хроматиды

матидные (2n4c). Мейоз проходит в два этапа: редукционное деление и митотическое деление (рис. 7, 9). Редукционное деление — наиболее сложный и важный процесс. Он подразделяется на фазы: профаза I, метафаза I, анафаза I, телофаза I. В профазе I парные хромосомы диплоидной клетки подходят друг к другу, перекрещиваются, образуя мостики (хиазмы), затем обмениваются участками (кроссинговер), при этом осуществляется перекомбинация генов, после чего хромосомы расходятся. В метафазе I эти парные хромосомы располагаются по экватору клетки, к каждой из них присоединяется нить веретена деления: к одной хромосоме от одного полюса, ко второй — от другого. В анафазе I к полюсам клетки расходятся двухроматидные хромосомы; одна из каждой пары к одному полюсу, вторая — к другому. При этом число хромосом у полюсов становится вдвое меньше, чем в материнской клетке, но они остаются двухроматидными (n2c). Затем проходит телофаза I, которая сразу же переходит в профазу II второго этапа деления мейоза, идущего по типу митоза. Интерфазы в данном случае нет, так как хромосомы двухроматидные, молекулы ДНК удвоены. В метафазе II двухроматидные

хромосомы располагаются по экватору, при этом деление происходит сразу в двух дочерних клетках. В анафазе II к полюсам отходят уже однохроматидные хромосомы. В телофазе II в четырех дочерних клетках формируются ядра и перегородки между клетками. Таким образом, в результате мейоза получаются четыре гаплоидные клетки с однохроматидными хромосомами (nc). Это либо половые клетки (гаметы) животных, либо споры растений.

Митоз (греч. «митос» — нить) — основной способ деления клеток. Открыт с помощью светового микроскопа в 1874 г. русским ученым И. Д. Чистяковым в растительных клетках. В 1878 г. В. Флеммингом и русским ученым П. И. Перемежко этот процесс обнаружен в животных клетках. У животных клеток митоз длится 30–60 мин, у растительных — 2–3 ч. Митоз состоит из четырех фаз: профаза, метафаза, анафаза и телофаза (рис. 7, 9). **Профаза** — первая фаза деления, в которой двухроматидные хромосомы спирализуются и становятся заметными, ядрышко и ядерная оболочка распадаются, образуются нити веретена деления. Клеточный центр делится на две центриоли, расходящиеся к полюсам. **Метафаза** — фаза скопления хромосом на экваторе клетки: нити веретена деления идут от полюсов и присоединяются к центромерам хромосом: к каждой хромосоме подходят две нити, идущие от двух полюсов. **Анафаза** — фаза расхождения хромосом, в которой центромеры делятся, а однохроматидные хромосомы растягиваются нитями веретена деления к полюсам клетки. Это самая короткая фаза митоза. **Телофаза** — фаза окончания деления, движение хромосом заканчивается, и происходит их деспирализация (раскручивание в тонкие нити),

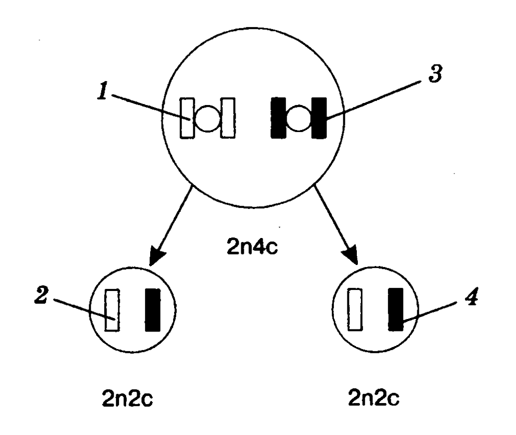


Рис. 10. Митоз:
1 — двухроматидная хромосома от матери; *2* — однохроматидная хромосома от матери; *3* — двухроматидная хромосома от отца; *4* — однохроматидная хромосома от отца; n — хромосомы, c — хроматиды

формируется ядрышко, восстанавливается ядерная оболочка, на экваторе закладывается перегородка (у растительных клеток) или перетяжка (у животных клеток), нити веретена деления растворяются. В результате митоза из одной диплоидной клетки, имеющей двухроматидные хромосомы и удвоенное количество ДНК (2n4c), образуются две дочерние диплоидные клетки с однохроматидными хромосомами и одинарным количеством ДНК (2n2c), которые затем вступают интерфазу. Так образуются соматические клетки (клетки тела) организма растения, животного или человека.

Онтогенез животного (греч. «онтос» — сущее, «генезис» — рождение, происхождение) — индивидуальное развитие организма, включающее весь комплекс последовательных и необратимых изменений, начиная от образования зиготы и до естественной смерти организма. В ходе онтогенеза реализуется наследственная программа развития организма в конкретных условиях среды. Развитие носит детерминированный характер (идущий по определенному пути) и не может пойти по другому пути. Так, сначала развивается эмбрион (зародыш), проходящий поочередно стадии зиготы, морулы, бластулы, гаструлы, нейрулы, плода. При этом формируются все ткани, органы и системы органов и все отделы тела, в результате чего зародыш приобретает черты, характерные для своего вида. После рождения начинается **постэмбриональное развитие**. Существует два типа постэмбрионального развития — прямое и непрямое (с превращением, метаморфозом). Примеры прямого развития — развитие человека, млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, некоторых беспозвоночных (паукообразные, прямокрылые насекомые). У всех этих групп рождающийся организм сходен со взрослым. У животных, развивающихся с превращением, из зиготы появляется личинка, затем куколка, а из нее уже — взрослый организм. Эти стадии развития как внешне, так и внутренне отличаются друг от друга. Такое приспособительное свойство выработалось в процессе эволюции для разделения среды обитания и пищи, чтобы не создавалась конкуренция разных стадий. Так, у майского жука личинки живут в почве и питаются корнями растений (сосны), а взрослые жуки поселяются в воздушной среде и потребляют в пищу листья деревьев (березы). То же можно сказать и о других насекомых (бабочки), плоских червях, земноводных (лягушка и головастик).

Оогамия (греч. «оон» — яйцо, «гамия» — половой процесс) — наиболее распространенная форма полового процесса, при кото-

ром гаметы четко различаются — яйцеклетка крупная, с запасом питательных веществ, неподвижная, сперматозоид — значительно мельче, подвижный, со жгутиками. Оогамия свойственна всем многоклеточным животным, некоторым грибам, водорослям и всем высшим растениям.

Оогенез, овогенез (греч. «оон», «овон» — яйцо, «генезис» — рождение) — процесс развития женских половых клеток — яйцеклеток из зачаткового эпителия (оогенной ткани). Оогенез проходит в яичниках в три фазы: размножение, рост и созревание. I фаза — размножение — клетки диплоидной ткани зачаткового эпителия многократно делятся путем митоза, образуя диплоидные же клетки ооциты I порядка (2n2c). II фаза — роста, ооциты I порядка проходят интерфазу, в ходе которой осуществляется самоудвоение молекулы ДНК и построение второй хроматиды у хромосом, а также рост клетки, в результате чего формируются ооциты I порядка (2n4c). III фаза — созревание, ооциты I порядка делятся путем мейоза. В результате мейоза I образуется ооцит II порядка и первое направительное (полярное) тельце. Второе деление — мейоз II — доходит до стадии метафазы. В том случае, если произойдет оплодотворение, образуется из ооцита II порядка яйцеклетка и второе направительное тельце. Таким образом, в результате получается: из каждого ооцита I порядка — четыре клетки — яйцеклетка и три направительных тельца (nc). Первые две фазы оогенеза проходят в женском организме в период его зародышевого развития. Третья фаза длится много лет. Так, мейоз I начинается у девочки сразу после ее рождения, в результате чего образуются ооциты II порядка и первые направительные тельца. В период полового созревания ооциты II порядка проходят второе мейотическое деление, в ходе которого образуется яйцеклетка и три направительных тельца (отмирающие). Направительные тельца дают возможность пройти нормальному мейозу, сбросить излишний ядерный материал, оставив цитоплазму с запасом питательных веществ в яйцеклетке, что необходимо для питания зародыша.

Оплодотворение — процесс слияния яйцеклетки со сперматозоидом. Яйцеклетка — женская гамета (половая клетка) — у животных образуется в яичниках. Она формируется в результате оогенеза и содержит гаплоидный набор однохроматидных хромосом (nc). Яйцеклетка млекопитающих открыта в 1828 г. русским ученым К. М. Бэром. Она покрыта наружной клеточной

мембраной с многочисленными ворсинками, имеет цитоплазму, ядро и запасные питательные вещества. Икринка рыбы, яйцо птицы — это крупные яйцеклетки, покрытые прочными покровами и содержащие запасы питательных веществ. Но у большинства животных яйцеклетки остаются в яичниках и внутренних половых органах (их размер 50–180 мкм), где они оплодотворяются и проходят дальнейшее развитие. Сперматозоид — мужская гамета (половая клетка) всех организмов. Сперматозоиды были открыты в 1677 г. голландским естествоиспытателем А. Левенгуком. Он же ввел этот термин (от греч. «сперма» — семя, «зоон» — животное, т. е. живое семя, живчик). Сперматозоиды образуются в результате сперматогенеза в семенниках. Содержат гаплоидный набор однохроматидных хромосом (nc). У человека и млекопитающих сперматозоиды определяют пол будущего организма, так как половина их несет половую X-хромосому, а половина — Y-хромосому. У птиц, некоторых рыб, бабочек все сперматозоиды несут одинаковые половые хромосомы и на пол не влияют. Сперматозоиды — очень маленькие подвижные клетки размером 3–10 мк. Они состоят из головки и жгутикоподобного хвостика. В головке находится клеточное ядро, а в передней части цитоплазмы головки — комплекс Гольджи (акросома). В переходной части между головкой и хвостиком имеются две центриоли и спиралевидные митохондрии. Благодаря волнообразным сокращениям хвостика сперматозоиды активно передвигаются. В яйцеклетку сперматозоиды проникают через мембрану. Несмотря на то что у яйцеклетки оказывается сразу несколько сперматозоидов, с ядром сливается только один; цитоплазмы половых клеток также сливаются. В результате оплодотворения в зиготе получается набор парных хромосом; половина хромосом отцовского, половина — материнского происхождения. В зиготе заложены новые комбинации генов.

Партеногенез (греч. «партенос» — девственница, «генезис» — рождение) — способ упрощенного полового размножения, при котором зародыш развивается из неоплодотворенной яйцеклетки (происходит девственное рождение). Это явление широко распространено у беспозвоночных (тли, осы, пчелы, некоторые ракообразные — дафнии) и позвоночных животных (пресмыкающиеся, птицы). Партеногенез можно вызвать искусственно у животных, которым он в природе не свойствен. Для этого достаточно стимулировать яйцеклетку механическими и химическими воздействиями. Парте-

ногенез распространен и у растений, например у злаковых и сложноцветных.

Половое размножение — воспроизведение себе подобных, происходящее, как правило, с участием двух особей в результате слияния гамет, т. е. копуляции яйцеклетки и сперматозоида. Яйцеклетки образуются у особей женского пола (материнский организм), сперматозоиды — у особей мужского пола (отцовский организм). Половое размножение свойственно как растительным, так и животным организмам. У растений яйцеклетки образуются в специальных органах — архегониях, сперматозоиды — в антеридиях. У животных яйцеклетки формируются в яичниках, сперматозоиды — в семенниках. Разница заключается в том, что у животных образованию половых клеток (гамет) предшествует мейоз, а у растений мейоз происходит перед образованием спор, из которых развиваются заростки. На них формируются архегонии с яйцеклетками и антеридии со сперматозоидами. Таким образом, у любых организмов — растений или животных — гаметы обязательно гаплоидные, а зигота диплоидная, из нее формируется диплоидный зародыш, половина хромосом которого от материнского организма, а половина от отцовского.

Профаза I мейоза I — самая продолжительная фаза первого деления мейоза. Она включает в себя большое количество различных процессов, поэтому ее подразделяют на пять стадий: 1. Лептотена («фаза тонких нитей»). Происходит спирализация хромосом, они укорачиваются и становятся видимыми в световой микроскоп как обособленные структуры. 2. Зиготена («фаза парных нитей»). Гомологичные хромосомы сближаются по всей длине и образуют пары — биваленты (тетрады). Так как каждая из гомологичных хромосом имеет собственную центромеру, то в биваленте имеется две центромеры. Начинается конъюгация хромосом. 3. Пахитена («фаза толстых нитей»). Завершение конъюгации. Дальнейшее уплотнение упаковки хромосомного материала, усиление спирализации хромосом. В бивалентах происходит расщепление каждой хромосомы на две хроматиды, которые остаются при этом соединенными в нескольких точках — при помощи своих центромер, а также хиазм, возникших при конъюгации. Происходит кроссинговер — обмен гомологичными участками гомологичных хромосом. После завершения кроссинговера гомологичные хромосомы не расходятся, а остаются связанными в бивалент (тетраду) вплоть до анафазы.

4. Диплотена («фаза удвоенных нитей»). Гомологичные хромосомы несколько отходят друг от друга, оставаясь связанными при помощи хиазм. 5. Диакинез («фаза расходящихся хромосом»). Исчезают ядерная оболочка и ядрышко. Центриоли, если они есть, мигрируют к полюсам клетки. Уменьшается число хиазм, хромосомы перемещаются в плоскость экватора. Образуются нити веретена деления.

Равновеликое бинарное поперечное деление — деление клетки у бактерий, при котором материнская клетка дает начало двум дочерним клеткам. Осуществляется в три стадии: 1) репликация молекулы ДНК кольцевой хромосомы, присоединенной к мезосоме, которая так же делится на две части; 2) разведение с помощью мезосом двух дочерних кольцевых хромосом; 3) разделение цитоплазмы поперечной перегородкой, которая образуется от периферии к центру клетки.

Размножение организмов — воспроизведение себе подобных. Это свойство характерно только для живых организмов, чем они коренным образом отличаются от неживой природы. Способность воспроизводить себе подобных осуществляется в ходе размножения и последующего индивидуального развития. В процессе эволюции сначала возникло бесполое размножение, а лишь позднее — половое. При бесполом размножении новое поколение образуется при участии только одной родительской особи, которая полностью передает ему свои наследственные качества и особенности через споры или части тела. Этот способ размножения встречается в природе у большинства растений, из животных — у простейших и используется в хозяйстве: в микробиологической промышленности — при размножении бактерий и дрожжей; в сельском хозяйстве — при вегетативном размножении растений и в технологии культуры тканей. В половом размножении участвуют два родителя, которые передают свою наследственную информацию, как правило, через гаметы (сперматозоиды и яйцеклетки). Образующаяся при слиянии гамет зигота несет признаки обоих родителей, причем эти признаки могут находиться в различных сочетаниях. Такой способ размножения дает новую комбинацию наследственных признаков (что создает благоприятные условия для естественного и искусственного отбора) и широко распространен в растительном и животном мире. Используется в практике сельского хозяйства.

Редукционное деление (греч. «редукцио» — уменьшение) — 1. Мейоз. 2. Иногда редукционным называют первое деление мейоза, поскольку именно тогда происходит уменьшение числа хромосом.

Соматические клетки — клетки тела животного или растения (т. е. неполовые клетки).

Сперматогенез (греч. «сперма» — семя, «генезис» — рождение) — процесс развития мужских половых клеток — сперматозоидов из клеток **зачаткового эпителия** (сперматогенной ткани). Сперматогенез подразделяется на три фазы: размножение, рост, созревание, которые проходят в семенниках. I фаза — размножение — клетки диплоидной ткани зачаткового эпителия (2n4c) многократно делятся путем митоза, образуя диплоидные сперматоциты I порядка с однохроматидными хромосомами (2n2c). II фаза — рост сперматоцитов I порядка в процессе прохождения ими интерфазы, в результате чего происходит самоудвоение молекулы ДНК и построение второй хроматиды у хромосом, рост клеток — (2n4c). III фаза — созревание — сперматоциты I порядка делятся путем мейоза. При первом делении (мейоз I) из каждого сперматоцита I порядка образуются два сперматоцита II порядка (n2c), при втором делении (мейоз II) из них образуются сперматиды (nc). Они больше не делятся, а превращаются в сперматозоиды. При этом бóльшая часть цитоплазмы, ЭПС, рибосомы, аппарат Гольджи отторгаются в остаточные безъядерные тельца, а ядро, митохондрия, диктиосома (акросома) формируют сперматозоид. Он состоит из головки, шейки и жгутика. Процесс сперматогенеза начинается в зародышевом периоде развития мужского организма и продолжается в детском возрасте (фаза размножения сперматогониев). По мере наступления половой зрелости часть сперматогониев вступает в фазу роста и созревания, образуя сперматозоиды, а остальные продолжают делиться путем митоза для последующего сперматогенеза. Весь процесс сперматогенеза у человека длится 70–80 дней, он прекращается по мере старения.

Сходство циклов развития животного и растения. Циклы развития животных и растений имеют ряд общих черт: 1) одинаковые этапы в образовании гаплоидных клеток: обязательно осуществляется мейоз, в результате которого образуется гаплоидный набор хромосом с новым сочетанием генов вследствие обмена участками при конъюгации и кроссинговере; 2) одинаковая сущность процесса оплодотворения: восстановление диплоидного набора хромосом, поддерживающего постоянство хромосомного состава в

ряду поколений, и вместе с тем перекомбинация наследственного материала; 3) новый организм образуется из зиготы, поэтому он диплоидный и содержит только ему свойственные наследственные признаки. Послезародышевое развитие, самостоятельный организм, затем молодой организм, половозрелый, после чего организм стареет и наступает естественная смерть. Следовательно, индивидуальное развитие — онтогенез — имеет единый характер у всех живых существ на Земле, и размножение организмов основано на делении клеток — митозе и мейозе, половом процессе и дальнейшем развитии нового организма в определенных условиях среды, что свидетельствует о единстве происхождения и параллельном развитии растительного и животного мира.

Хиазмы (греч. «хиазма» — перекрест) — точки соединения между собой хроматид при конъюгации и соответственно точки разрыва хроматид при кроссинговере в профазе I мейоза I.

Чередование поколений — смена полового и бесполого поколений в цикле развития некоторых животных (кишечнополостные, некоторые членистоногие) и растений, различающихся способом размножения. У животных, например некоторых медуз, половое поколение представлено свободноплавающими одиночными медузами, а бесполое — сидячими полипами, образующими колонии, от которых путем почкования отделяются новые особи. У большинства растений одно поколение имеет гаплоидный набор хромосом в клетках (это обычно половое поколение, дающее гаметы, — гаметофит), а другое — диплоидный (обычно это бесполое поколение, дающее споры, — спорофит). У водорослей, папоротников — это различные организмы; у мхов, голосеменных и покрытосеменных половое и бесполое поколения находятся на одной особи (см. рис. 15).

Шизогония (греч. «шизо» — разделяю, расщепляю и «гония» — порождаю) — множественное бесполое размножение у простейших (споровики). Ядро материнской особи многократно делится путем митоза, а затем разросшаяся многоядерная клетка распадается на множество одноядерных клеток.

Эмбриональное развитие животного (греч. «эмбрион» — зародыш) — развитие животного от зиготы до рождения — самостоятельной жизни вне организма матери или вне яйца. В онтогенезе большинства многоклеточных животных выделяют несколько стадий эмбрионального развития (см. рис. 64, 65, 142). Первая ста-

дия — бластула (греч. «бластос» — зачаток). На этой стадии зародыш имеет форму многоклеточного однослойного шара, полого внутри. Он образуется в результате дробления зиготы (митотическое деление с самоудвоением ДНК, но без роста клеток). Все ядра клеток-бластомеров диплоидные, с абсолютно одинаковой генетической информацией. Обычно бластула состоит из 64 бластомеров (иногда из 128 и больше) и по величине не превышает зиготы. Полость, образовавшаяся внутри бластулы, называется бластоцель. Вторая стадия — гаструла (греч. «гастер» — желудок). Зародыш двухслойный, у него формируются кишечная полость, первичное ротовое отверстие и два слоя клеток: внешний — эктодерма (греч. «эктос» — снаружи, «дерма» — кожа) и внутренний — энтодерма (греч. «энтос» — внутри, «дерма» — кожа). Животные типа кишечнополостных всю жизнь живут в стадии гаструлы. Все другие животные проходят следующую стадию поздней гаструлы. Эта стадия характеризуется появлением третьего слоя клеток в теле зародыша (третьего зародышевого листка) — мезодермы (греч. «мезос» — средний и «дерма» — кожа). Мезодерма закладывается между эктодермой и энтодермой; вначале она имеет вид двух карманов, полости которых называются вторичной полостью тела (цело́м). В зародыше хордовых наступает следующая стадия — нейрулы (греч. «нейрон» — нерв), во время которой формируется осевой комплекс, состоящий из хорды и нервной пластинки, расположенных параллельно друг другу. Как и мезодерма, хорда возникает из энтодермы, а нервная пластинка — из эктодермы. При дальнейшем развитии зародышевые листки преобразуются в ткани, органы и системы органов, т. е. происходит дифференциация клеток. Из эктодермы образуются покровный эпителий, эмаль зубов, нервная система и органы чувств. Из энтодермы — эпителий кишечника, пищеварительные железы, легкие. Из мезодермы — скелет, мышцы гладкие и поперечнополосатые, кровеносная система, выделительные органы, половая система. При этом у разных животных, в том числе у человека, одни и те же органы и ткани. Это свидетельствует о том, что зародышевые листки гомологичны и имеют единое происхождение в процессе эволюции. Дальнейшее развитие зародыша происходит в определенной последовательности и строгой зависимости одних органов от других. Тесная взаимосвязь между развивающимися органами и их влияние друг на друга в процессе развития называется эмбриональной индукцией. Это явление открыто в 1921 г. немецким ученым Г. Шпеманом.

Раздел III. ОСНОВЫ ГЕНЕТИКИ И СЕЛЕКЦИИ

ТЕМА. Основные закономерности наследственности

Основные закономерности наследственности и изменчивости организмов и их цитологические основы.

Предмет, задачи и методы генетики.

Моно- и дигибридное скрещивание. Законы наследования, установленные Г. Менделем. Доминантные и рецессивные признаки. Аллельные гены. Фенотип и генотип. Гомозигота и гетерозигота. Единообразие гибридов первого поколения. Промежуточный характер наследования. Закон расщепления признаков. Статистический характер явлений расщепления. Цитологические основы единообразия первого поколения и расщепления признаков во втором поколении. Закон независимого наследования и его цитологические основы.

Сцепленное наследование. Нарушение сцепления. Перекрест хромосом.

Генотип как целостная исторически сложившаяся система.

Генетика пола. *Хромосомная теория наследственности.*

Значение генетики для медицины и здравоохранения. Вредное влияние никотина, алкоголя и других наркотических веществ на наследственность человека.

Общие указания. Генетика как наука по своей сути тесно связана с эволюционным учением Ч. Дарвина, с одной стороны, и цитологией — с другой, поэтому при повторении материала по данной теме следует вспомнить о преемственности терминов и понятий. Материал по генетике удобнее начать с повторения и уточнения терминологии, поэтому в первую очередь необходимо усвоить буквенную символику, принятую в генетике, и лишь после этого приступить к повторению законов.

Буквенная символика по Г. Менделю

P (лат. «парентс» — родители). Родительские организмы, взятые для скрещивания, отличающиеся наследственными зачатками.

F (лат. «филии» — дети). Гибридное потомство.

A — доминантный признак желтой окраски семян гороха.

a — рецессивный признак зеленой окраски семян гороха.

B — доминантный признак гладкой поверхности семян гороха.

b — рецессивный признак морщинистой поверхности семян гороха.
Aa — аллельные гены окраски.
Bb — аллельные гены характера поверхности.
AA — доминантная гомозигота.
aa — рецессивная гомозигота.
Aa — гетерозигота при моногибридном скрещивании.
AaBb — гетерозигота при дигибридном скрещивании.

При изучении работ Г. Менделя обратите внимание на причины успеха его опытов и наблюдений. Положительные результаты его опытов обеспечили следующие предпосылки: применение гибридологического метода, наблюдение за одной парой альтернативных (противоположных) признаков, которые оказались несцепленными, самоопыляемость растений гороха. Все это дало возможность ученому наблюдать за передачей наследуемых признаков у нескольких поколений, при этом признаков было мало и все они были под контролем. Следует иметь в виду, что Г. Мендель установил закономерности наследования, а не наследственности. Признаки, передающиеся от поколения к поколению, он назвал наследственными зачатками, так как о гене тогда еще не существовало понятия.

Генетика как наука сформировалась в начале XX в. В ее развитие внесли вклад ученые разных стран: Г. де Фриз, К. Корренс, Э. Чермак и др. В настоящее время ее значение велико как для теории, так и для практики сельского хозяйства, медицины, микробиологии, биоценологии и т. д.

Задание 11

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Проанализировать рисунки 11–13, заполнить решетку Пеннета.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольные работы № 18, 19.
- Проанализировать таблицы 47–50.
- Проверить по словарю знание терминов.

Вопросы для самоконтроля

- Что служит предметом изучения генетики?
- Что такое наследственность?
- Что такое изменчивость?
- Какие существуют формы изменчивости?
- Как называют совокупность признаков и свойств организма, передающихся по наследству?
- Какая разница между гомозиготой и гетерозиготой?
- В какие годы и в какой стране жил и работал Г. Мендель и на каких растениях проводил он свои опыты?

- Благодаря чему Г. Менделю, в отличие от других ученых, удалось вскрыть законы наследования признаков?
- При каком способе опыления были получены Г. Менделем гибриды первого поколения и что для них характерно?
- Единообразны ли по генотипу или по фенотипу гибриды первого поколения в опытах Г. Менделя?
- При каком способе опыления были получены гибриды второго поколения?
- Что значит полное и неполное доминирование при моногибридном скрещивании?
- Какие гены называют аллельными?
- Являются ли у семян гороха гены желтой окраски и гладкой поверхности аллельными?
- Как распределяются неаллельные несцепленные гены у гибридов второго поколения?

Контрольная работа № 18

1. По каким признакам Г. Мендель избрал горох объектом своих исследований (перекрестноопыляющийся, самоопыляющийся; однолетник, многолетник; имеющий контрастные признаки или сглаженные признаки)?
2. Сколько альтернативных признаков учитывается при моногибридном скрещивании (1, 2, 3,4 и более)?
3. В каком случае выделяют признаки доминантные и рецессивные (сходство, контрастность, неодновременность проявления)?
4. Как называют признаки гибрида, проявляющиеся в первом поколении (доминантные, рецессивные)?
5. Как называется зигота, из которой развиваются гибриды первого поколения (гомозигота, гетерозигота)?
6. Какие гаметы образуются у гибридов первого поколения — гибридные или негибридные (чистые)?
7. Какой способ опыления применял Г. Мендель для получения гибридов второго поколения (перекрестное, самоопыление, искусственное опыление)?
8. Какие признаки являются парными (желтый и зеленый цвет; желтый цвет и гладкая поверхность; гладкая и морщинистая поверхность)?
9. Где расположены гены парных признаков при дигибридном скрещивании (одна хромосома, разные хромосомы)?
10. Где расположены аллельные гены (одна хромосома, разные хромосомы)?
11. Как распределяются аллельные гены при мейозе (оказываются в одной клетке, оказываются в разных клетках)?
12. Как появляются в клетках гены парных признаков (складываются из родительских гамет; переходят по наследству; объединяются случайно)?

13. При каком скрещивании последующее расщепление идет по формулам: а) 1:2:1; б) 1:3; в) 1:2:2:1:4:1:2:2:1; г) 9:3:3:1; в каком случае расщепление идет по генотипу, а в каком — по фенотипу?

Таблица 47. Результаты, полученные Г. Менделем в его опытах с горохом

Признаки родителей	Первое поколение	Второе поколение	Отношение
Семена Желтые × Зеленые	Все желтые	6022 желтых: 2001 зеленых	3,01:1
Семена Круглые × Морщинистые	Все круглые	5474 круглых: 1850 морщинистых	2,96:1
Цветки Красные × Белые	Все красные	705 красных: 224 белых	3,15:1

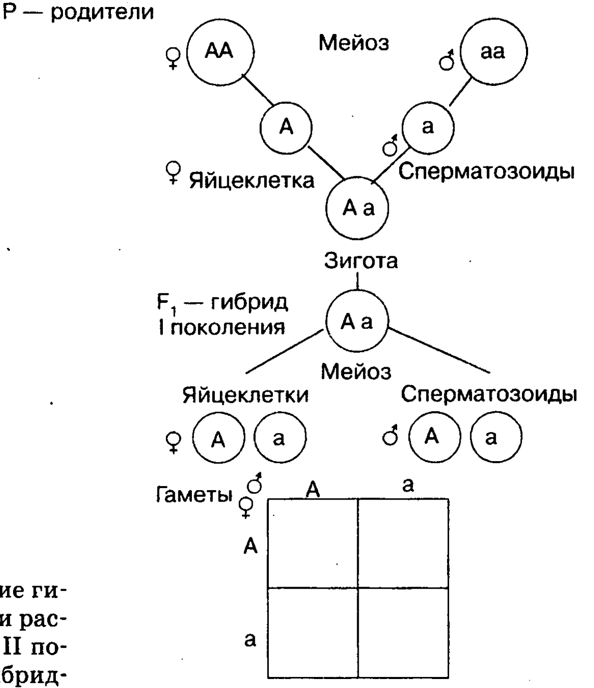


Рис. 11. Единообразие гибридов I поколения и расщепление гибридов II поколения при моногибридном скрещивании

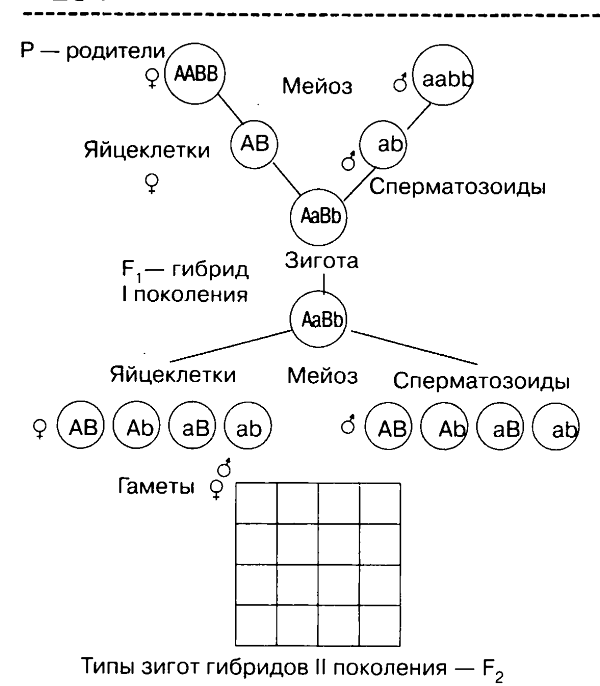


Рис. 12. Единообразие гибридов I поколения и расщепление гибридов II поколения при дигибридном скрещивании

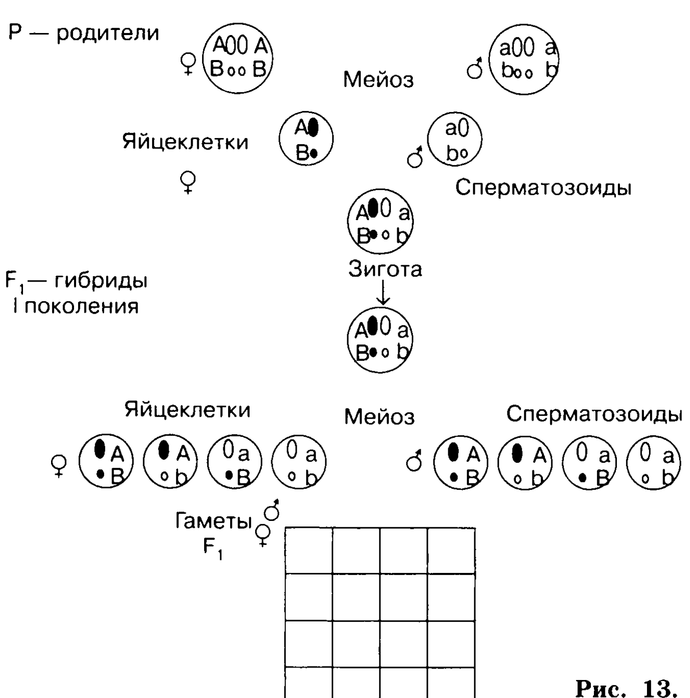


Рис. 13. Цитологические основы дигибридного скрещивания

Таблица 48. Законы и закономерности генетики

Название	Автор	Формулировка
Правило (закон) единообразия гибридов первого поколения (первый закон)	Г. Мендель, 1865 г.	При моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки — оно фенотипически и генотипически единообразно
Закон расщепления (второй закон)	Г. Мендель, 1865 г.	При самоопылении гибридов первого поколения в потомстве происходит расщепление признаков в отношении 3:1 — образуются две фенотипические группы (доминантная и рецессивная); 1:2:1 — три генотипические группы
Закон независимого наследования (третий закон)	Г. Мендель, 1865 г.	При дигибридном скрещивании у гибридов каждая пара признаков наследуется независимо от других и дает расщепление 3:1, образуя при этом четыре фенотипические группы, характеризующиеся отношением 9:3:3:1 (при этом образуется девять генотипических групп — 1:2:2:1:4:1:2:2:1)
Гипотеза (закон) чистоты гамет	Г. Мендель, 1865 г.	Находящиеся в каждом организме пары альтернативных признаков не смешиваются при образовании гамет и по одному от каждой пары переходят в них в чистом виде
Закон сцепленного наследования	Т. Морган, 1911 г.	Сцепленные гены, локализованные в одной хромосоме, наследуются совместно и не обнаруживают независимого распределения. Гены в хромосомах расположены линейно
Закон гомологических рядов наследственной изменчивости	Н. И. Вавилов, 1920 г.	Генетически близкие виды и роды характеризуются сходнымирядами наследственной изменчивости

Контрольная работа № 19

1. Какую информацию несет ген (синтез молекулы белка, образование организма, образование органа)?
2. Где расположен ген (цитоплазма, ядерный сок, хромосома)?
3. В состав какой структуры входит ген (РНК, АТФ, ДНК, аминокислота)?
4. Где закодирована информация об одном конкретном признаке (РНК, ДНК, АТФ, ген)?
5. Сколько генов в хромосомах гибридного организма при моногибридном скрещивании отвечают за один и тот же признак (1, 2, 3, более)?
6. Как называют гены, отвечающие за один и тот же признак (аллельные, альтернативные)?
7. Какие признаки называют альтернативными (одинаковые, противоположные) и в каких генах они закодированы (аллельные, неаллельные)?
8. Признаком генотипа или фенотипа будет появление потомства, аналогичного родителям, например рождение у собаки щенят, образование у яблони яблок?
9. Что изменяется — генотип или фенотип, когда при переселении в горную местность коровы становятся низкорослыми и малоудойными?
10. Что больше подвергается изменениям под влиянием условий внешней среды (генотип, фенотип)?
11. Вследствие чего возникает полиплоидная клетка (модификация, генная мутация, хромосомная мутация, нерасхождение хромосом)?

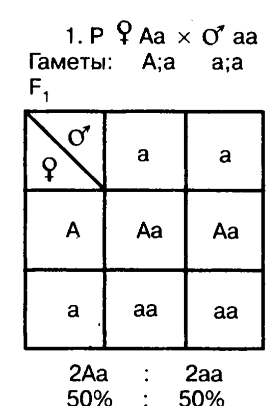
Словарь основных терминов и понятий

Аллель (греч. «аллос» — другой) — пара генов, определяющая признак. Аллельные гены расположены в одних и тех же участках (локусах) гомологичных (парных) хромосом. У гомозиготных организмов оба аллельных гена имеют одинаковую структуру, у гетерозиготных — различную. Например, пурпурная окраска цветков гороха, полученного в результате скрещивания чистых линий красно- и белоцветковых растений гороха, обусловливается доминантным геном, а рецессивный ген (определяющий белую окраску) у гибрида не проявляется.

Альтернативные признаки — два взаимоисключающих проявления признака (белая и пурпурная окраска цветков, желтая и

зеленая окраска семян, гладкая и морщинистая поверхность семян, карие и голубые глаза).

Анализирующее скрещивание — скрещивание, проводящееся для определения генотипа организма. Для этого подопытный организм скрещивают с организмом, являющимся рецессивной гомозиготой по изучаемому признаку. Рассмотрим это на конкретном примере. Допустим, надо выяснить генотип растения гороха, имеющего желтые семена. Возможны два варианта генотипа подопытного растения: он может являться либо гетерозиготой (Аа), либо доминантной гомозиготой (АА). Для установления его генотипа проведем анализирующее скрещивание с рецессивной гомозиготой (аа) — растением с зелеными семенами.



1. Р ♀ Аа × ♂ аа
Гаметы: А;а а;а
F_1

♀ \ ♂	а	а
А	Аа	Аа
а	аа	аа

2Аа : 2аа
50% : 50%
растений с желтыми семенами : растений с зелеными семенами

2. Р ♀ АА × ♂ аа
Гаметы: А;А а;а
F_1

♀ \ ♂	а	а
А	Аа	Аа
А	Аа	Аа

4Аа
100% растений
с желтыми семенами

Таким образом, если в результате анализирующего скрещивания в F_1 наблюдается расщепление в соотношении 1:1, то подопытный организм был гетерозиготен; если расщепления не наблюдается и все организмы в F_1 проявляют доминантные признаки, то подопытный организм был гомозиготен.

Рассмотрим также один из возможных случаев анализирующего дигибридного скрещивания — когда подопытный организм оказывается гетерозиготен по двум признакам, т. е. является дигетерозиготой.

Р ♀ АаВb × ♂ aabb
Гаметы: АВ, Аb, аВ, аb ab
F_1

♀ \ ♂	ab
АВ	AaBb
Ab	Aabb
aB	aaBb
ab	aabb

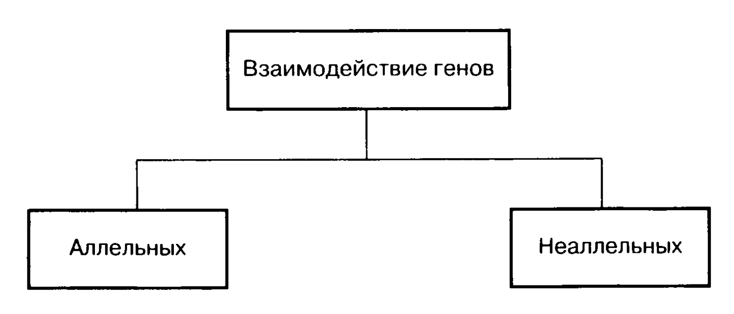
Из таблицы видно, что если подопытный организм был дигетерозиготой, то в результате анализирующего скрещивания в F_1 наблюдается расщепление по фенотипу на 4 группы в соотношении 1:1:1:1.

Аутосомы — хромосомы, одинаковые у обоих полов.

Буквенная символика — принятое Г. Менделем обозначение генотипов и признаков при гибридизации. Р (лат. «парентс» — родители) — родительские формы, F (лат. «филии» — дети) — гибридное потомство; А, В — доминантные признаки; а, b — рецессивные признаки; А и а — аллельные гены, определяющие окраску семян гороха (желтую или зеленую); В и b — аллельные гены, определяющие характер поверхности семян гороха (гладкая или морщинистая); АА — доминантная гомозигота; аа — рецессивная гомозигота; АаBb — дигетерозигота (гетерозигота при дигибридном скрещивании); ААВВ — доминантная гомозигота при дигибридном скрещивании; ааbb — рецессивная гомозигота при дигибридном скрещивании.

Взаимодействие генов — совместное действие нескольких генов, приводящее к появлению признака, отсутствующего у родителей, или усиливающее проявление уже имеющегося признака. Вступать во взаимодействие могут как аллельные, так и неаллельные гены.

Схема 21



(Иногда к числу неаллельных взаимодействий относят также плейотропию — явление множественного действия одного гена.)

Гемизиготное состояние — состояние большинства генов, локализованных в половых хромосомах гетерогаметного пола (у большинства животных, в т. ч. человека — мужского). Данные гены не имеют аллельной пары, поэтому контролируемые ими признаки фенотипически проявляются даже в том случае, если ген рецессивен (например, проявление у мужчин гемофилии или дальтонизма).

Ген (греч. «генос» — рождение, образующий). Термин предложен в 1909 г. В. Иогансеном взамен терминов «наследственный зачаток» и «наследственный фактор», применяемых Г. Менделем. Ген — элементарная единица наследственности, представленная биополимером — отрезком молекулы ДНК, где содержится информация о первичной структуре одного белка или молекулы рРНК и тРНК. Гены находятся в хромосомах, где их сосредоточено десятки и сотни тысяч. Они расположены линейно и объединены в группы сцепления. С обоих концов гены ограничены специальными триплетами, которые служат «знаками препинания», обозначающими начало и конец информации. Гены обладают целым рядом признаков и свойств, иногда противоположных друг другу; устойчивость и мутагенность, доминантность и рецессивность. Они способны к самоудвоению, взаимодействию. Гену свойственны способность к самоудвоению (путем редупликации ДНК), мутациям и рекомбинации. Гены, кодирующие белки, называются структурными. Помимо структурных имеются гены, несущие информацию о рРНК и тРНК. Имеются также регуляторные участки ДНК, которые ничего не кодируют, но тем не менее необходимы для работы генома в целом — промоторы, терминаторы и др.

Генетика — наука о закономерностях наследственности и изменчивости организмов. Наследственность и изменчивость — два противоположных свойства живых организмов, неразрывно связанные между собой. Благодаря наследственности сохраняется однородность, единство вида, а изменчивость делает вид неоднородным, создает предпосылки для дальнейшего видообразования. Основоположник генетики — чешский ученый Г. Мендель, опубликовавший в 1865 г. труд «Опыты над растительными гибридами». Однако датой возникновения генетики как науки является 1900 г., когда ученые разных стран — Г. де Фриз, К. Корренс и Э. Чермак — независимо друг от друга вновь открыли законы генетики. Генетика — фундаментальная наука, изучающая процесс преемственности жизни на молекулярном,

клеточном, организменном и популяционном уровнях. Современная генетика является научной основой для селекции, медицины, генной инженерии, основой для понимания теории эволюции.

Генетика человека — смежная область генетики и медицины, изучающая законы наследственности и изменчивости у человека в норме и при патологиях, физические и психические врожденные признаки, а также некоторые аспекты поведения — соотношение «генотипического» и «средового» в формировании индивидуальных психологических характеристик.

Основные генетические законы и закономерности универсальны и в полной мере приложимы к человеку. Всего у человека обнаружено более трех тысяч биохимических, морфологических и физиологических признаков, из них 120 сцеплены с полом. Изучены все 23 группы сцепления генов (22 — у аутосом, 23-я группа сцепления у X- и Y-хромосом). Многие гены нанесены на карту хромосом. У малых популяций людей (не более 1500 человек) частота внутригрупповых браков свыше 90%, поэтому за 100 лет все члены популяции становятся троюродными братьями и сестрами. В таких популяциях высок коэффициент инбридинга, что приводит к переводу рецессивных мутаций в гомозиготное состояние (пигментные мутации, мутации скелета, глаз, до 8% — летальных мутаций и др.). Часто такие мутации проявляются еще у плода, и он погибает не родившись или сразу после рождения. У человека в гаплоидном наборе — геноме — от 100 тыс. до 1 млн генов; на один гаплоидный набор приходится от одной до 10 новых мутаций. Повышение уровня мутаций на 0,001% не имеет значения для здоровья одного ребенка, но в популяционном масштабе — это тысячи больных детей. Именно с точки зрения влияния на популяцию в целом и надо оценивать мутагенное действие окружающей среды.

Человек имеет ряд особенностей, затрудняющих проведение генетических исследований. Такими особенностями являются:

— большое число хромосом в кариотипе ($2n = 46$);

— большая продолжительность детства (т. е. времени от рождения до наступления половозрелости) и медленная смена поколений;

— одноплодность (за одну беременность рождается, как правило, один ребенок. Исключения — рождение близнецов — редки);

— малое число детей в браке;

— невозможность формировать необходимую схему брака (т. е. скрещивания) и невозможность использования искусственного мутагенеза.

В то же время у человека как объекта генетических исследований есть и свои достоинства:
— почти исчерпывающие сведения по анатомии и физиологии;
— большое число мутаций (постоянно пополняемых и в наше время);
— многочисленность человеческой популяции, что всегда позволяет выбрать необходимую для исследований схему брака.
Типы наследования и формы проявления генетических признаков у людей весьма разнообразны (для человека характерны все известные в генетике типы наследования признаков: доминантный, кодоминантый, рецессивный, аутосомный, сцепленный с полом и т. д.); кроме того, как уже говорилось выше, человек как объект генетических исследований имеет ряд особенностей. Все это обусловливает необходимость применения специальных методов при изучении генетики человека.

Таблица 49. Основные методы исследования генетики человека

Название метода	Объект и методика исследований	Возможности метода и область его применения
Клинико-генеалогический (предложен Ф. Гальтоном в 1865 г.)	Составление и анализ родословной	Определение типа наследования, изучение сцепленного наследования, определения типа взаимодействия генов. Прогноз вероятности проявления изучаемого признака в потомстве. Используется в медико-генетическом консультировании
Популяционно-генетический	Изучение частот различных генов и генотипов в человеческих популяциях	1. Определение генетической структуры человеческих популяций, т. е. вычисление частот встречаемости наследственных признаков (в т. ч. болезней) в различных местностях, среди разных рас и народностей, степени гетерозиготности и полиморфизма. 2. Установление особенностей взаимодействия факторов, влияющих на распределение наследственных признаков в различных человеческих популяциях, что позволяет определить адаптивную ценность конкретных генотипов

Окончание табл. 49

Название метода	Объект и методика исследований	Возможности метода и область его применения
Близнецовый (предложен Ф. Гальтоном в 1876 г.)	Сравнение частоты сходства по ряду признаков пар одно- и разнояйцевых близнецов	Разграничение роли наследственности и среды в развитии различных признаков. Позволяет определить роль генетического вклада в наследование сложных признаков, а также оценивать влияние воспитания, обучения и т. д.
Цитогенетический	Строение метафазных хромосом, их морфологические особенности	1. Изучение нормального кариотипа. 2. Точная диагностика наследственных заболеваний, вызываемых хромосомными мутациями. 3. Определение последствий воздействия мутагенов. Используется в медико-генетическом консультировании
Биохимический	Пробы крови или амниотической (околоплодной) жидкости	1. Выявление болезней обмена веществ. 2. Выявление гетерозиготных носителей рецессивных генов
Иммуногенетический	Факторы иммунитета и тканевой совместимости	1. Установление причин тканевой несовместимости. 2. Определение наследования факторов иммунитета. 3. Изучение разнообразия и особенностей наследования тканевых антигенов

На протяжении последних десятилетий все данные мировой литературы, касающиеся генетики человека, постоянно анализируются. На основе анализа этих данных регулярно публикуется каталог наследственных признаков человека.

Генетический код — единая система записи наследственной информации в молекулах нуклеиновых кислот в виде последовательности нуклеотидов. Генетический код основан на использовании алфавита, состоящего всего из четырех букв-нуклеотидов, отличающихся азотистыми основаниями: А, Т, Г, Ц. Основные свойства генетического кода следующие: 1. Генетический код

триплетен. Триплет (кодон) — последовательность трех нуклеотидов, кодирующая одну аминокислоту. Поскольку в состав белков входит 20 аминокислот, то очевидно, что каждая из них не может кодироваться одним нуклеотидом (поскольку в ДНК всего четыре типа нуклеотидов, то в этом случае 16 аминокислот остаются незакодированными). Двух нуклеотидов для кодирования аминокислот также не хватает, поскольку в этом случае могут быть закодированы только 16 аминокислот. Значит, наименьшее число нуклеотидов, кодирующих одну аминокислоту, оказывается равным трем. (В этом случае число возможных триплетов нуклеотидов составляет $4^3 = 64$.) 2. Избыточность (вырожденность) кода является следствием его триплетности и означает то, что одна аминокислота может кодироваться несколькими триплетами (поскольку аминокислот 20, а триплетов — 64). Исключение составляют метионин и триптофан, которые кодируются только одним триплетом. Кроме того, некоторые триплеты выполняют специфические функции. Так, в молекуле иРНК три из них УАА, УАГ, УГА — являются терминирующими кодонами, т. е. стоп-сигналами, прекращающими синтез полипептидной цепи. Триплет, соответствующий метионину (АУГ), стоящий в начале цепи ДНК, не кодирует аминокислоту, а выполняет функцию инициирования (возбуждения) считывания. 3. Одновременно с избыточностью коду присуще свойство однозначности, которое означает, что каждому кодону соответствует только одна определенная аминокислота. 4. Код коллинеарен, т. е. последовательность нуклеотидов в гене точно соответствует последовательности аминокислот в белке. 5. Генетический код неперекрываем и компактен, т. е. не содержит «знаков препинания». Это значит, что процесс считывания не допускает возможности перекрывания кодонов (триплетов), и, начавшись на определенном кодоне, считывание идет непрерывно триплет за триплетом вплоть до стоп-сигналов (терминирующих кодонов). Например, в иРНК следующая последовательность азотистых оснований АУГГУГЦУУААУГУГ будет считываться только такими триплетами: АУГ, ГУГ, ЦУУ, ААУ, ГУГ, а не АУГ, УГГ, ГГУ, ГУГ и т. д. или АУГ, ГГУ, УГЦ, ЦУУ и т. д. или еще каким-либо образом (допустим, кодон АУГ, знак препинания Г, кодон УГЦ, знак препинания У и т. п.). 6. Генетический код универсален, т. е. ядерные гены всех организмов одинаковым образом кодируют информацию о белках вне зависимости от уровня организации и систематического положения этих организмов.

Геном — совокупность генов в гаплоидном наборе хромосом данного организма. В геноме каждый ген представлен лишь одним геном из каждой аллельной пары (только доминантным или только рецессивным). Если образование гаплоидных клеток происходит в результате мейоза (при гаметогенезе или спорообразовании), то может получиться так, что все четыре гаплоидные клетки, образовавшиеся из одной исходной диплоидной, будут иметь различные геномы. Это является следствием того, что в профазе I мейоза происходит конъюгация и кроссинговер между гомологичными хромосомами. Геномы неустойчивы и легко перестраиваются, однако объединение геномов в ходе полового размножения (при оплодотворении) создает весьма устойчивый генотип, что, в свою очередь, способствует стабилизации фенотипа. В молекулярной биологии под термином «геном клетки» часто понимают совокупность всех генов клетки.

Генотип (греч. «генос» — рождение, «типус» — образец, отпечаток) — совокупность наследственных признаков и свойств, полученных особью от родителей, а также новых свойств, появившихся в результате мутаций генов, которых не было у родителей. Генотип складывается при взаимодействии двух геномов (яйцеклетки и сперматозоида) и представляет собой наследственную программу развития, являясь целостной системой, а не простой суммой отдельных генов. **Целостность генотипа** — результат эволюционного развития, в ходе которого все гены находились в тесном взаимодействии друг с другом и способствовали сохранению вида, действуя в пользу стабилизирующего отбора. Так, генотип человека определяет (детерминирует) рождение ребенка, у зайца-беляка потомство будет представлено зайчатами, из семян подсолнечника вырастет только подсолнечник и т. д.

Генофонд (греч. «генос» — рождение и лат. «фонд» — основание, запас) — совокупность генов популяции, вида или другой систематической единицы на данном отрезке времени. Для сохранения генофонда Земли созданы списки Красной книги растений и животных, которые действуют в разных странах. Генофондом является, например, огромная коллекция семян различных растений земного шара, созданная академиком Н. И. Вавиловым и его учениками во Всесоюзном институте растениеводства. Образцы коллекции используются как исходный материал для селекции.

Гетерогаметный пол — разногаметный пол, у которого половина гамет имеет половую хромосому одного типа (X), половина —

другого типа (Y). Так, у большинства насекомых, моллюсков, млекопитающих, в том числе и у человека, гетерогаметным является мужской пол; половина сперматозоидов несет X-хромосому, половина — Y. Если в зиготе XX-хромосомы, то из нее разовьется особь женского пола, если XY — особь мужского пола. У птиц, пресмыкающихся, некоторых насекомых (бабочек) гетерогаметным является женский пол: половина яйцеклеток несет половую хромосому Z, половина — хромосому W. Если в зиготе находятся ZZ-хромосомы, то из нее будет развиваться особь мужского пола, а если ZW, то особь женского пола. Следовательно, пол потомства определяется гаметами гетерогаметного организма, а вероятность появления особей мужского и женского пола одинакова. У человека пол рождающегося ребенка зависит от отцовской гаметы: если с яйцеклеткой X сольется X-сперматозоид, то будет девочка, а если Y-сперматозоид, то будет мальчик. Мальчиков и девочек рождается примерно равное количество. У гетерогаметного пола все гены, локализованные в половых хромосомах, сразу же проявляются в фенотипе (даже в том случае, если они рецессивны). Например, проявление у мужчин дальтонизма или гемофилии.

Гетерозигота (греч. «гетерос» — разный, другой, «зиготе» — спаренная) — зигота, имеющая две разные аллели данного гена, полученные от обоих родителей (одну — доминантную, другую — рецессивную). Из нее развивается гетерозиготный (гибридный) организм.

Гетерозиготный организм — гибридный организм, имеющий разные аллели одного гена (один — рецессивный, другой — доминантный) и развивающийся из гетерозиготы. В потомстве гетерозиготы наблюдается расщепление по генотипу 1:2:1 (где 1 — доминантная гомозигота, 2 — гетерозиготы, 1 — рецессивная гомозигота) и расщепление по фенотипу 3:1 ($^3/_4$ особей имеют фенотип, соответствующий доминантному гену, $^1/_4$ — соответствующий рецессивному).

Гетерохромосомы — см. *Половые хромосомы.*

Гибридизация (греч. «гибрида» — помесь) — естественное или искусственное скрещивание особей, относящихся к различным линиям, сортам, породам, видам, родам растений или животных.

Гибридологический метод — метод изучения признаков родительских форм, проявляющихся в ряду поколений у потомства,

полученного путем гибридизации (скрещивания). Этот метод был использован Г. Менделем при изучении наследования семи контрастных признаков у растений гороха (см. табл. 50).

Гомогаметный пол — равногаметный пол, у которого половые хромосомы одинаковы. У большинства насекомых, млекопитающих, в том числе у человека, гомогаметный пол — женский (XX). У птиц, пресмыкающихся и бабочек гомогаметный пол — мужской (ZZ).

Гомозигота (греч. «гомос» — одинаковый и «зиготе» — спаренная) — зигота, имеющая одинаковые структуры данного гена, полученные от обоих родителей (оба доминантные или оба рецессивные). Из нее развивается гомозиготный организм.

Гомозиготный организм (греч. «гомос» — одинаковый и «зиготе» — спаренная) — организм с одинаковыми структурами данного типа гена (обе доминантные или обе рецессивные). Потомство гомозиготной особи однотипно как по генотипу, так и по фенотипу и не дает расщепления (оно может иметь или доминантные, или рецессивные признаки).

Группа сцепления — совокупность генов, находящихся в одной хромосоме. Число групп сцепления равно числу пар гомологичных хромосом данного организма (иными словами, оно равно гаплоидному числу его хромосом.). Например, у гороха число хромосом 14 ($2n = 14$, $n = 7$), следовательно, он имеет 7 групп сцепления.

Дигетерозигота — зигота, возникшая при скрещивании двух чистых линий, гаметы которых несут по две пары альтернативных признаков. Дигетерозиготный организм образует мужские и женские гаметы четырех типов (в опытах с горохом: AB — желтый цвет и гладкая поверхность семян, Ab — желтый цвет и морщинистая поверхность семян, aB — зеленый цвет и гладкая поверхность, ab — зеленый цвет и морщинистая поверхность). При оплодотворении образуются девять разных генотипов дигетерозигот и четыре фенотипа.

Дигибридное скрещивание (греч. «ди» — дважды и «гибрида» — помесь) — скрещивание форм, отличающихся друг от друга по двум парам альтернативных признаков. Наблюдая за потомством растений гороха, различавшихся по цвету семян (желтый или зеленый) и характеру их поверхности (гладкая или морщинистая), Г. Мендель выявил идущее независимо расщепление в F_2 по доминантным и рецессивным признакам в соотношении

3:1 (3 желтых:1 зеленый; 3 гладких:1 морщинистый); при этом в фенотипе образуются четыре группы согласно формуле 9AB: :3Ab : 3aB : 1ab. Образующиеся при этом генотипы распределялись в следующем соотношении: 1:2:2:1:4:1:2:2:1.

Дискретный характер наследственности (лат. «дискретус» — прерывистый). До появления работ Г. Менделя существовала точка зрения, что наследственность и изменчивость носят непрерывный (слитный) характер, а половые гибриды образуют гибридные же половые клетки, поэтому однажды появившаяся смесь признаков полностью передается из поколения в поколение. Теория Ч. Дарвина противопоставила этому явлению действие отбора как фактора эволюции. Однако поскольку к моменту опубликования теории Ч. Дарвина (1859) еще не были открыты законы генетики, математик Ф. Дженкин сделал попытку опровергнуть путем расчетов творческую роль естественного отбора и показать, что в скрещиваниях признаки должны растворяться (явление, названное затем «кошмар Дженкина»). Лишь с появлением генетики было доказано, что наследственные признаки передаются отдельно (дискретно), а гаметы негибридны и несут гены в чистом виде (Г. Мендель, 1865).

Доминантный признак (лат. «доминанс» — господствующий) — признак, проявляющийся у гибридов первого поколения при скрещивании чистых линий. У гороха доминантные признаки — пурпурная окраска цветков, желтая окраска семян, гладкая поверхность семян. К доминантным признакам у человека относятся: вьющиеся волосы, карие глаза, веснушки, близорукость, дальнозоркость, нормальное цветовое зрение и др.

Доминирование неполное — один из видов взаимодействия аллельных генов, при котором один из аллелей (доминантный) в гетерозиготе не полностью подавляет проявление другого аллеля (рецессивного), и в F_1 выражение признака носит промежуточный характер. Так, при скрещивании ночной красавицы с красной окраской цветков (AA) с растением, имеющим белые цветки (aa), в F_1 все растения имеют промежуточную розовую окраску цветков (Aa). Неполное доминирование очень широко распространено в природе. Оно обнаружено при изучении наследования окраски цветков у многих растений, строения перьев у птиц, окраски шерсти у крупного рогатого скота и овец, ряда биохимических признаков у человека и др. Используя результаты опытов с неполным доминированием признаков, противники теории о дискретности наследственности пытались дока-

зать, что происходит смешение, растворение признаков. Однако у гибридов последующих поколений наблюдалось расщепление и раздельное, независимое наследование признаков, что несовместимо с гипотезой о непрерывности (слитной) наследственности и смешении признаков и подтверждает справедливость гипотезы «чистоты гамет».

Доминирование полное — один из видов взаимодействия аллельных генов, при котором один из аллелей (доминантный) в гетерозиготе полностью подавляет проявление другого аллеля (рецессивного). Например, у гороха ген желтой окраски семян полностью подавляет проявление гена зеленой окраски семян; ген, определяющий гладкую поверхность семян, подавляет действие гена, определяющего морщинистую поверхность.

Дрозофила (Drosophila melanogaster) — плодовая муха, классический объект генетических исследований. Биологические особенности делают ее очень удобным объектом для проведения экспериментов. Имеет всего 4 пары хромосом; хромосомы крупные и удобны для проведения исследований. Эти мухи имеют четко выраженные внешние признаки, легко доступные для наблюдения, например длина крыльев, окраска тела, форма глаз, окраска глаз и др. Самцы и самки легко различимы, поэтому контролировать их спаривание довольно просто. Для дрозофилы характерна высокая скорость размножения (новое поколение каждые 10 дней), многочисленное потомство, удобство разведения в лабораторных условиях. В профазе I мейоза I у самцов мухи не происходит кроссинговер, поскольку нет белка, связывающего гомологичные хромосомы. Поэтому гаметы, содержащие такие хромосомы, называются некроссоверы.

Закон (правило) единообразия гибридов первого поколения — закон Менделя, открытый в 1865 г., который гласит: при моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки: фенотип и генотип их единообразны. Фенотипическое единообразие наблюдается среди гибридов растений, животных и человека. В опытах Г. Менделя при скрещивании гороха с пурпурными и белыми цветками гибриды имели только пурпурные цветки; при скрещивании гороха с желтыми и зелеными семенами — только желтые семена.

Закон независимого наследования признаков — закон Г. Менделя, открытый в 1865 г.: при дигибридном скрещивании у гибридов второго поколения каждая пара контрастных признаков наследуется независимо от других и дает расщепление 3:1, образуя

при этом четыре фенотипические группы в соотношении 9:3:3:1. Так, у гороха образуются четыре фенотипические группы семян, характеризующиеся отношением 9:3:3:1, где 9 — желтые гладкие, 3 — желтые морщинистые, 3 — зеленые гладкие, 1 — зеленые морщинистые. (Иными словами, 12 желтых:4 зеленых, т. е. 3:1. Аналогичная закономерность прослеживается для гладких и морщинистых семян.) Генотипов образуется 9, из них 1 доминантная гомозигота, 1 рецессивная гомозигота, 7 дигетерозигот. Закон справедлив лишь в тех случаях, когда анализируемые признаки не сцеплены друг с другом, т. е. находятся в разных хромосомах. По генотипу расщепление идет по формуле: 1:2:2:1:4:1:2:2:1.

Закон расщепления — закон Г. Менделя, открытый в 1865 г.: при самоопылении гибридов первого поколения в потомстве происходит расщепление признаков в отношении 3:1. Образуются две фенотипические группы — доминантная и рецессивная. В опытах Г. Менделя с горохом при самоопылении гибридов первого поколения с пурпурными цветками у потомства произошло следующее расщепление признаков: $^3/_4$ особей имели пурпурные цветки, а $^1/_4$ — белые, т. е. рецессивные признаки начинают проявляться лишь у гибридов второго поколения. У гибридов третьего и последующих поколений при самоопылении было отмечено такое же соотношение. Но расщепление признаков происходило не у всех особей: $^1/_4$ из них давала потомство только с доминантными и $^1/_4$ — только с рецессивными признаками, т. е. это были негибридные, гомозиготные особи. Лишь $^1/_2$ особей были гибридными, гетерозиготными, и только они давали расщепление признаков 3:1. Аналогичные результаты были получены в опытах с семенами гороха.

Закон чистоты гамет — закон, или гипотеза, выдвинутая Г. Менделем в 1865 г. Закон гласит, что находящиеся в каждом организме пары наследственных факторов не смешиваются и не сливаются и при образовании гамет по одному из каждой пары переходят в них в чистом виде: одни гаметы несут доминантный ген, другие — рецессивный. Гаметы никогда не бывают гибридными по данному признаку. Для наследования признака не имеет значения, какая именно гамета несет ген признака — отцовская или материнская; у дочернего организма в одинаковой степени проявляются доминантные признаки и не проявляются рецессивные. Закон чистоты гамет служит доказательством дискретного характера наследственности.

Зигота (греч. «зиготе» — спаренная) — клетка, образующаяся при слиянии двух гамет (половых клеток) — женской (яйцеклетки) и мужской (сперматозоида) в результате полового процесса. Содержит двойной (диплоидный) набор гомологичных (парных) хромосом. Из зиготы образуются зародыши всех живых организмов, имеющих диплоидный набор гомологичных хромосом, — растений, животных и человека.

Исходный материал — виды диких растений и животных, сорта культурных растений и породы животных, обладающие ценными хозяйственными признаками и качествами. При селекционных и генетических исследованиях исходный материал служит для отбора или гибридизации. Большой вклад в изучение исходного материала для селекции растений внес Н. И. Вавилов. Созданная им мировая коллекция семян сыграла большую роль в развитии селекции как науки.

Кариотип (греч. «карион» — ядро, «типус» — форма) — совокупность хромосом клеток какого-либо вида растений или животных. Он характеризуется постоянным для каждого вида числом хромосом, их размеров, формы, деталей строения. Кариотип любого вида организмов специфичен и может являться его систематическим признаком.

Кодоминирование — явление независимого друг от друга проявления обоих аллелей в фенотипе гетерозиготы, иными словами — отсутствие доминантно-рецессивных отношений между аллелями. Наиболее известный пример — взаимодействие аллелей, определяющих четвертую группу крови человека (AB). Известна множественная серия, состоящая из трех аллелей гена I, определяющего признак группы крови человека. Ген I отвечает за синтез ферментов, присоединяющих к белкам, находящимся на поверхности эритроцитов, определенные полисахариды. (Этими полисахаридами на поверхности эритроцитов как раз и определяется специфичность групп крови.) Аллели I^A и I^B кодируют два разных фермента; аллель I^0 не кодирует никакого. При этом аллель I^0 рецессивен и по отношению к I^A, и по отношению к I^B, а между двумя последними нет доминантно-рецессивных отношений. Люди, имеющие четвертую группу крови, несут в своем генотипе два аллеля: I^A и I^B. Поскольку между этими двумя аллелями нет доминантно-рецессивных отношений, то в организме таких людей синтезируются оба фермента и формируется соответствующий фенотип — четвертая группа крови.

Комплементарность (лат. «комплементум» — дополнение) — один из видов взаимодействия неаллельных генов, при котором эти гены дополняют действие друг друга, и признак формируется лишь при одновременном действии обоих генов. У душистого горошка есть доминантный ген А, обусловливающий синтез пропигмента — бесцветного предшественника пигмента. (Его рецессив «а» определяет отсутствие пропигмента.) Другой доминантный ген, В, определяет синтез фермента, под действием которого из пропигмента образуется пигмент. (Его рецессив, b, определяет отсутствие фермента.) Теперь рассмотрим эксперимент по скрещиванию растений душистого горошка двух генотипов: AAbb и aaBB. В первом случае имеется пропигмент, но нет фермента, необходимого для образования пигмента. Во втором случае есть фермент, но нет пропигмента. В обоих случаях растения будут иметь белые цветки.

P	♀ AAbb ×	♂ aaBB
Гаметы	Ab	aB
F_1	AaBb	

В F_1 образуются дигетерозиготы, у которых есть и пропигмент, и фермент, необходимый для образования пигмента. Поэтому в F_1 все растения будут иметь пурпурные цветки. Из приведенного примера видно, как именно формирование признака может зависеть от взаимодействия неаллельных генов, продукты которых взаимно дополняют друг друга.

Летальные гены (лат. «леталис» — смертельный) — гены, в гомозиготном состоянии вызывающие гибель организма из-за нарушения нормального хода развития. Появление летальных генов — следствие мутаций, которые в гетерозиготном организме не проявляют своего действия. Так, у растений есть ген, отвечающий за образование хлорофилла. Если он подвергся мутации и оказался в гомозиготном состоянии, то вырастающее бесцветное растение погибает в фазе всходов из-за отсутствия фотосинтеза. Летальные гены появляются и у животных, и у человека, что приводит к изменению строения и функций организма, например к изменению строения позвоночника и спинного мозга, к возникновению беспалых конечностей и др. В изолированных популяциях, где велика вероятность перехода летальных генов в гомозиготное состояние, смертность потомства достигает 8%.

Мендель Грегор Иоганн (1822–1884) — чешский ученый, основоположник генетики. В 1843 г. закончил университет по курсу «Философия». (В то время курс философии был значительно шире, чем сейчас, и включал в себя также естественные науки и математику.) Сразу же по окончании университета Мендель постригся в монахи в августинский монастырь в г. Брюнне (ныне Брно); позже он стал настоятелем этого монастыря. В 1856–1863 гг. провел свои знаменитые опыты по гибридизации гороха, результаты которых были доложены в 1865 г. в Обществе испытателей природы в Брюнне, а затем опубликованы в работе «Опыты над растительными гибридами». Успеху работ Менделя способствовало то, что при проведении экспериментов он использовал строгую и хорошо продуманную методику. Основные ее особенности заключаются в следующем:

— использование самоопыляющегося растения (горох);

— использование только чистых линий (на выведение которых он потратил несколько лет);

— исключение возможности случайного переопыления (проводилось либо перекрестное опыление самим исследователем, либо имело место самоопыление);

— в начале своих исследований Мендель наблюдал за наследованием одного признака, и лишь после установления закономерностей наследования одного признака он перешел к изучению наследования одновременно нескольких признаков;

— выбор для работы признаков, встречающихся лишь в двух четко различающихся формах (альтернативные признаки). Всего Менделем было взято 7 таких признаков (см. табл. 50);

— индивидуальный анализ потомства каждого скрещивания;

— использование больших выборок и математических методов обработки результатов своих экспериментов (см. табл. 47).

Таблица 50. Признаки, использованные Менделем у растений гороха

Признак	Доминантный	Рецессивный
Поверхность семян	Гладкая	Морщинистая
Окраска семян	Желтая	Зеленая
Окраска цветков	Красная	Белая
Форма бобов	Вздутая	Плоская

Окончание табл. 50

Признак	Доминантный	Рецессивный
Окраска бобов	Зеленая	Желтая
Положение цветков	Пазушное	Верхушечное
Высота стебля	Высокая	Низкая

Основное значение работ Менделя для всего последующего развития биологии состоит в том, что он впервые сформулировал основные закономерности наследования: дискретность наследственных факторов и независимое их комбинирование при передаче из поколения в поколение. (Следует иметь в виду, что во времена Менделя биологи придерживались принципиально иных взглядов на наследование: они были сторонниками теории слитной наследственности. Обратите также внимание на то, что Мендель сформулировал законы наследования задолго до того, как были открыты материальные носители наследственности (хромосомы и гены) и механизмы, обеспечивающие передачу этих носителей следующим поколениям — мейоз и двойное оплодотворение у цветковых растений.)

Множественный аллелизм — один из видов взаимодействия аллельных генов, при котором ген может быть представлен не двумя аллелями (как в случаях полного или неполного доминирования), а гораздо большим их числом; при этом члены одной серии аллелей могут находиться в различных доминантно-рецессивных отношениях друг с другом. Рассмотрим это на простейшем примере — трехчленной серии аллелей, определяющей окраску шерсти у кроликов. Окраска может быть сплошной темной, белой (альбинизм — полное отсутствие пигментации шерсти) или горностаевой (на фоне общей белой окраски черные кончики ушей, лап, хвоста и мордочки). Ген сплошной окраски доминирует над остальными членами серии; ген горностаевой окраски доминантен по отношению к белой, но рецессивен по отношению к сплошной, а ген белой окраски рецессивен по отношению и к сплошной, и к горностаевой. У мухи дрозофилы имеется серия аллелей гена окраски глаз, состоящая из 12 членов: вишневая, красная, коралловая и т. д. до белой, определяемой рецессивным геном. У человека также известны множест-

венные аллели для многих признаков, например для ферментов, антигенов и др. Следует иметь в виду, что в генотипе диплоидных организмов могут находиться лишь два гена из серии аллелей. Остальные аллели данного гена в разных сочетаниях будут попарно входить в генотипы других особей данного вида. Таким образом, множественный аллелизм характеризует разнообразие генофонда целого вида, т. е. является видовым, а не индивидуальным признаком (в отличие от полимерии).

Моногибридное скрещивание — скрещивание форм, отличающихся друг от друга по одной паре альтернативных (контрастных) признаков, передающихся по наследству. Этот прием позволил Г. Менделю открыть законы, которые являются всеобщими для диплоидных организмов, размножающихся половым путем.

Морганида — условная единица расстояния между генами в хромосомах; названа в честь Т. Г. Моргана. Соответствует расстоянию, при котором кроссинговер происходит в 1% гамет, т. е. 1 морганида эквивалентна 1% кроссоверных гамет.

Мутация (лат. «мутацио» — изменение, перемена) — внезапно возникающие наследственные изменения генотипа. Понятие введено Г. де Фризом в 1901 г. Различают мутации генные и хромосомные, доминантные и рецессивные, индуцированные и спонтанные, ядерные и цитоплазматические, генеративные, геномные, соматические и др. Мутации могут возникать как следствие естественных причин, так и специально вызываться искусственными факторами. Они могут быть вредными, безразличными или полезными (редко) в данных условиях среды.

Наследование признаков — процесс передачи «наследственных зачатков» (наследственной информации) от поколения к поколению. Законы наследования установлены Г. Менделем (1865), они положили начало генетике (1900).

Наследование, сцепленное с полом, — особая форма наследования признаков, гены которых расположены в половых хромосомах. Впервые установлена американским ученым Т. Морганом (1911) в опытах с плодовой мушкой дрозофилой. У человека X-хромосома, которую мужчина получает от матери, несет гены дальтонизма (цветовой слепоты) и гемофилии (несвертываемости крови). Эти гены рецессивны; у женщин названные болезни проявляются крайне редко, а у мужчин чаще, так как в Y-хромосомах мужчин нет доминантного аллеля, подавляющего действие этих генов, Y-хромосома несет такие признаки, как, на-

пример, волосатость мочки ушей, перепонка между пальцами ног, поэтому эти признаки проявляются только у мужчин как носителей Y-хромосомы. Всего с полом сцеплено около 120 признаков.

Наследственность — свойство организмов передавать следующему поколению свои признаки и особенности развития, т. е. воспроизводить себе подобных. Каждый вид растений и животных сохраняет в ряду поколений характерные для него черты. У человека и высокоорганизованных животных наследственные признаки передаются через половые клетки (яйцеклетки и сперматозоиды); у растений и низкоорганизованных животных — не только через половые клетки, но и при бесполом (споры) и вегетативном размножении.

Наследственный фактор — введенное Г. Менделем понятие, которым он обозначил признак, передающийся по наследству. Впоследствии для определения этого понятия В. Иогансеном был введен термин «ген».

Неполное доминирование — см. *Доминирование неполное.*

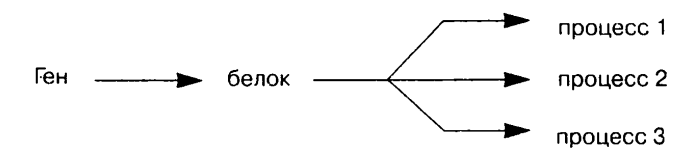
Носитель — организм, гетерозиготный по данному признаку, у которого фенотипически не проявляется рецессивный аллель изучаемого гена.

Панмиксия — свободное скрещивание между особями в популяции.

Пенетрантность — частота или вероятность появления аллеля определенного гена у разных особей родственной группы организмов. Определяется по проценту особей, у которых ген фенотипически проявился, от общего числа особей популяции, несущих данный ген.

Плазмида — реплицирующаяся внехромосомная молекула ДНК; является носителем наследственной информации и стабильно наследуется потомством; как правило, несет гены, контролирующие свойства, не связанные с жизненно важными функциями. Плазмиды находятся в митохондриях растительной и животной клеток, в пластидах растительных клеток, в клетках микроорганизмов. Количество внехромосомной ДНК сравнительно невелико и составляет для разных организмов от десятых долей до нескольких процентов. Благодаря удобству работы с бактериальными плазмидами они стали классическим объектом молекулярной генетики, а также широко используются в генной инженерии.

Плейотропия — явление одновременного влияния одного гена на несколько признаков. Существование этого явления отнюдь не противоречит классической концепции «один ген — один белок — один признак». Упрощенно влияние одного гена сразу на несколько признаков можно представить следующим образом. В результате считывания информации с гена образуется некий белок, который затем может участвовать в различных процессах, происходящих в организме, оказывая таким образом множественное действие.



Например, у овса окраска чешуи и длина ости контролируется одним геном.

У человека ген, определяющий рыжую окраску волос, одновременно обусловливает более светлую окраску кожи и появление веснушек. Известен доминантный ген, вызывающий целый комплекс патологий, который называется синдром Марфана. У таких людей отмечается длительный рост конечностей, ненормально длинные пальцы рук и ног (паучьи пальцы), деформации лица, дефект хрусталика глаза, порок сердца, прогрессирующая с возрастом глухота и др.

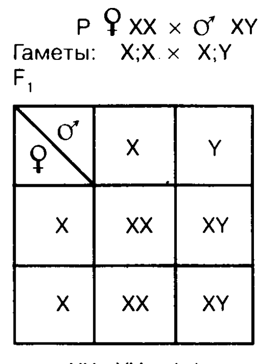
Полигибридное скрещивание — скрещивание форм, отличающихся друг от друга по нескольким парам альтернативных признаков. При этом особь, гетерозиготная по n парам генов, может произвести 2^n типов гамет, а в F_2 при расщеплении потомства полигибридного скрещивания может образоваться 3^n генотипов. Частоту данного генотипа в потомстве родителей, отличающихся определенным числом независимо наследуемых генов, можно вычислить следующим образом: надо подсчитать вероятность соответствующего генотипа для каждой пары генов отдельно, а затем перемножить. Например, надо рассчитать частоту генотипа AabbCc в потомстве от скрещивания AaBbcc × × AaBbCc. Вероятность генотипа Aa в потомстве от скрещивания Aa × Aa равна $^1/_2$; вероятность генотипа bb в потомстве от скрещивания Bb × Bb равна $^1/_4$; вероятность генотипа Cc равна также $^1/_2$. Следовательно, вероятность генотипа AabbCc составляет $^1/_2 \times {}^1/_4 \times {}^1/_2 = {}^1/_{16}$.

Полимерия — один из видов взаимодействия неаллельных генов, при котором на проявление количественного признака оказывают влияние одновременно несколько генов. При этом чем больше в генотипе оказывается доминантных генов, обусловливающих этот признак, тем ярче этот признак выражается. Так, у человека количество пигмента меланина в коже (и, следовательно, цвет кожи) определяется тремя неаллельными генами: A_1, A_2, A_3. Наибольшее количество меланина образуется в том случае, когда в генотипе все три аллеля находятся в гомозиготном доминантном состоянии: $A_1A_1A_2A_2A_3A_3$. В этом случае будет наблюдаться темно-коричневый цвет кожи, характерный для представителей негроидной расы. Самому светлому цвету кожи, характерному для европеоидов, соответствует генотип $a_1a_1a_2a_2a_3a_3$ (все три аллеля в гомозиготном рецессивном состоянии). Промежуточные варианты будут определять различную интенсивность пигментации, при этом чем больше доминантов окажется в генотипе, тем темнее будет кожа. Так, например, человек с генотипом $A_1a_1A_2A_2A_3a_3$ будет иметь более темную кожу, чем человек с генотипом $A_1a_1A_2a_2A_3a_3$. Полимерный механизм определяет также наследование многих хозяйственно ценных количественных признаков животных и растений: содержание сахара в корнеплодах свеклы, содержание витаминов в плодах и овощах, длина колоса злаков, длина початка кукурузы, плодовитость животных, молочность скота, яйценоскость кур и др.

Половые хромосомы — хромосомы, по которым мужской пол отличается от женского. В любой клетке тела диплоидного организма все хромосомы парные (гомологичные), так как организм образуется из зиготы. Одна хромосома каждой пары получена организмом от матери, другая — от отца. Половых хромосом также одна пара, одна из них получена от матери, другая — от отца. От сочетания половых хромосом зависит пол организма и связанные с полом признаки: внешний вид, особенности строения, поведения и функции организма. Пол организма определяется в момент оплодотворения яйцеклетки сперматозоидом и зависит от того, какого типа половые хромосомы окажутся в зиготе — одинаковые или разные. У человека, млекопитающих, моллюсков, большинства насекомых X-хромосома определяет женский пол, а Y-хромосома — мужской. При этом яйцеклетка всегда несет только X-хромосому, в то время как половина сперматозоидов несет X, а половина — Y-хромосомы. Если при оплодотворении

в зиготе окажутся две X-хромосомы, то из нее будет развиваться особь женского пола, если XY — особь мужского пола.

То, что у большинства животных особи мужского и женского пола отличаются между собой по одной паре хромосом, приводит к важному следствию — соотношению полов 1:1. Рассмотрим пример.



Из приведенного расчета видно, что данный механизм определения пола способствует поддержанию из поколения в поколение соотношения полов 1:1.

Пробанд — лицо, по отношению к которому строится родословная.

Рамка считывания — один из трех возможных способов считывания нуклеотидной последовательности в виде последовательного ряда триплетов.

Рецессивный признак (лат. «рецессус» — отступление) — признак, передающийся по наследству при гибридизации, но подавляющийся (не проявляющийся) у гибридов первого поколения. В опытах Менделя — это белые цветки, зеленые и морщинистые семена гороха. У человека к рецессивным признакам относятся прямые волосы, голубые или серые глаза, одноцветность кожи, нормальное оптическое зрение, дальтонизм.

Самоопыление — перенос пыльцы с тычинок на пестик внутри одного цветка. Обычно этот процесс происходит в еще не раскрывшемся цветке. Потомство самоопыляющегося растения образует чистую линию. К числу таких растений относятся горох, пшеница, ячмень и др. Именно горох, отличающийся семью разнообразными признаками, передающимися по наследству, и избрал Г. Мендель для своих опытов.

Сверхдоминирование — более сильное проявление признака в гетерозиготе, а не в гомозиготе. Так, у дрозофилы имеется рецессивный летальный ген, гетерозиготы по которому обладают большей жизнеспособностью, чем доминантные гомозиготы.

Селекция (лат. «селекцио» — отбор) — наука о совершенствовании существующих и выведении новых пород животных, сортов растений, а также практическая деятельность человека в этих направлениях. Научной основой селекции является генетика, которая способствует быстрому и эффективному выведению пород и сортов с нужными для человека признаками и свойствами (продуктивность, урожайность, устойчивость к болезням и вредителям, экстерьер и т. д.).

Сцепленное наследование — совместное наследование признаков, расположенных в одной хромосоме и образующих группу сцепления. Первые наблюдения над сцепленным наследованием были опубликованы в 1906 г. У. Бетсоном и Р. Пеннетом, которые обнаружили это явление у душистого горошка. Однако объяснено оно было лишь в 1911 г. американским ученым Т. Морганом и известно как закон Моргана: сцепленные гены, локализованные (находящиеся) в одной хромосоме, наследуются вместе и не обнаруживают независимого расщепления. Число групп сцепления у каждого вида соответствует числу хромосом в гаплоидном наборе. Так, у человека 23 группы сцепления, у дрозофилы — 4, у гороха — 7. Сцепление генов может быть полным, когда они расположены близко друг от друга, или неполным, когда они удалены.

Фенотип (греч. «файно» — являю, «типус» — образец) — совокупность всех признаков и свойств организма, сложившихся в процессе индивидуального развития генотипа. Сюда относятся не только внешние признаки, но и внутренние: анатомические, физиологические, биохимические. Каждая особь имеет свои особенности внешнего вида, внутреннего строения, характера обмена веществ, функционирования органов, т. е. свой фенотип, который сформировался в определенных условиях среды.

Хромосомная теория наследственности — сформулирована в 1911 г. американским ученым Т. Морганом. Ее сущность заключается в следующем:

— основным материальным носителем наследственности являются хромосомы с локализованными в них генами;

— гены наследственно дискретны, относительно стабильны, но при этом могут мутировать;

— гены в хромосомах расположены линейно, каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме;
— гены, расположенные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются совместно;
— число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида организмов;
— сцепление генов может нарушаться в результате кроссинговера;
— частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами.

Значение этой теории заключается в том, что она дала объяснение законам Менделя, вскрыла цитологические основы наследования признаков и генетические основы теории естественного отбора.

Экспрессивность — степень фенотипического проявления гена.

Эпистаз — вид взаимодействия неаллельных генов, при котором один из генов полностью подавляет действие другого гена. Ген, подавляющий действие другого гена, может называться ген-супрессор, ингибитор, эпистатичный ген. Подавляемый ген называется гипостатичным. Эпистаз может быть как доминантным, так и рецессивным. Рассмотрим пример доминантного эпистаза. У тыквы доминантный ген Y вызывает появление желтой окраски плодов, а его рецессив y — зеленой. Кроме того, имеется доминантный ген W, подавляющий проявление любой окраски, в то время как его рецессив w не мешает окраске проявляться. Поэтому растения, имеющие в своем генотипе хотя бы один доминантный ген W, будут образовывать белые плоды независимо от того, какие аллели гена Y будут присутствовать в их генотипах. Например, у растений с генотипами YYWW, YyWw, yyWw плоды будут белые. Эпистатическое действие рецессивного гена иллюстрирует наследование окраски шерсти у домовых мышей. Окраска агути (рыжевато-серая) определяется доминантным геном А, его рецессивный аллель а в гомозиготном состоянии определяет черную окраску. Доминантный ген другой пары С определяет развитие пигмента, а гомозиготы по его рецессивному аллелю с являются альбиносами (отсутствие пигмента в шерсти и радужной оболочке глаз). Особи, являющиеся доминантными гомозиготами по гену С или гетерозиготные по этому гену, будут иметь окраску шерсти в соответствии со своим генотипом по гену А (например, ААСС и ААСс будут рыжева-

то-серые агути, ааСС и ааСс — черные). Но все особи, гомозиготные по рецессивному гену-супрессору (ААсс, Аасс и аасс), будут альбиносами.

ТЕМА. Закономерности изменчивости

Роль генотипа и условий внешней среды в формировании фенотипа. *Модификационная изменчивость.* Норма реакции. Статистические закономерности модификационной изменчивости.
Мутации, их причины. *Мутационная изменчивость.* Закон гомологических рядов наследственной изменчивости Н. И. Вавилова. Экспериментальное получение мутаций.
Мутации как материал для искусственного и естественного отбора. Загрязнение природной среды мутагенами и его последствия. Генетика и теория эволюции. Генетика популяций. Формы естественного отбора: движущий и стабилизирующий.

Задание 12

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 20.
- Проанализировать схемы 22–24, таблицу 51.
- Проверить по словарю знание терминов.

Вопросы для самоконтроля

- Что такое ген?
- Что такое генотип?
- Какие гены называют аллельными?
- От чего зависит фенотип?
- Какие признаки фенотипа пластичны?
- Чем ограничена пластичность признаков?
- Как называется изменчивость фенотипа?
- Как называется изменчивость генотипа?
- Какие структуры клетки перестраиваются при мутационной изменчивости?
- Под воздействием каких факторов происходят генные мутации?
- В результате какого явления осуществляются хромосомные мутации?
- Что такое полиплоидия?
- Что более подвержено изменению при неблагоприятных условиях окружающей среды — фенотип или генотип?
- Что называют нормой реакции?
- Как объяснить предвидение Н. И. Вавилова о существовании в природе безалкалоидного (неядовитого) люпина?

- Что принято в современной теории эволюции за элементарную эволюционную единицу?
- Какова роль мутаций в природных популяциях?
- Почему теорию эволюции нашего времени называют синтетической и кто ее создал?

Контрольная работа № 20

1. Что характерно для мутации (возникает при скрещивании, при кроссинговере, возникает внезапно в ДНК или в хромосомах)?
2. Признаки какой изменчивости передаются потомству (модификационной, мутационной)?
3. Что подвергается изменениям при возникновении мутаций (генотип, фенотип)?
4. Наследуются признаки генотипа или фенотипа?
5. Для какой изменчивости характерны следующие признаки: возникают внезапно, могут быть доминантными или рецессивными, полезными или вредными, наследуются, повторяются (мутационная, модификационная)?
6. Где происходят мутации (в хромосомах, в молекулах ДНК, в одной паре нуклеотидов, в нескольких нуклеотидах)?
7. В каком случае мутация проявляется фенотипически (в любом, в гомозиготном организме, в гетерозиготном организме)?
8. Какова роль мутаций в эволюционном процессе (увеличение изменчивости, приспособление к окружающей среде, самосовершенствование организма)?
9. От чего зависит фенотип (от генотипа, от окружающей среды, ни от чего не зависит)?
10. Чем определяется размах изменчивости признаков организма (окружающей средой, генотипом)?
11. Признаки какой изменчивости выражаются в виде вариационного ряда и вариационной кривой (мутационной, модификационной)?
12. Какие признаки обладают узкой нормой реакции (качественные, количественные), какие более пластичны (качественные, количественные)?
13. Какая форма естественного отбора в популяции приводит к образованию новых видов (движущий, стабилизирующий), какая — к сохранению видовых признаков (движущий, стабилизирующий)?

Схема 22. Формы изменчивости

- Изменчивость
  - Наследственная (генотипическая)
    - Комбинационная
      1. Рекомбинация генов в результате кроссинговера
      2. Рекомбинация хромосом в ходе мейоза
      3. Комбинации хромосом, возникающие при оплодотворении
    - Мутационная
      1. Генные мутации
      2. Хромосомные мутации
      3. Геномные мутации
    - Изменчивость при обмене генетической информацией
      1. Трансформация
      2. Трансдукция
  - Ненаследственная (фенотипическая)

Схема 23. Классификация мутаций

- Мутации
  - По уровню возникновения
    1. Генные
    2. Хромосомные
    3. Геномные
  - По типу аллельных взаимодействий
    1. Рецессивные
    2. Доминантные
    3. Промежуточные и др.
  - По характеру проявления
    1. Гипоморфные
    2. Аморфные
    3. Антиморфные
    4. Неоморфные
  - По влиянию на жизнеспособность особей
    1. Летальные
    2. Вредные
    3. Нейтральные
    4. Полезные
  - По происхождению
    1. Спонтанные
    2. Индуцированные
  - По месту возникновения
    1. Генеративные
    2. Соматические
  - По фенотипическому проявлению
    1. Биохимические
    2. Физиологические
    3. Морфологические

Схема 24. Классификация мутаций по уровню их возникновения

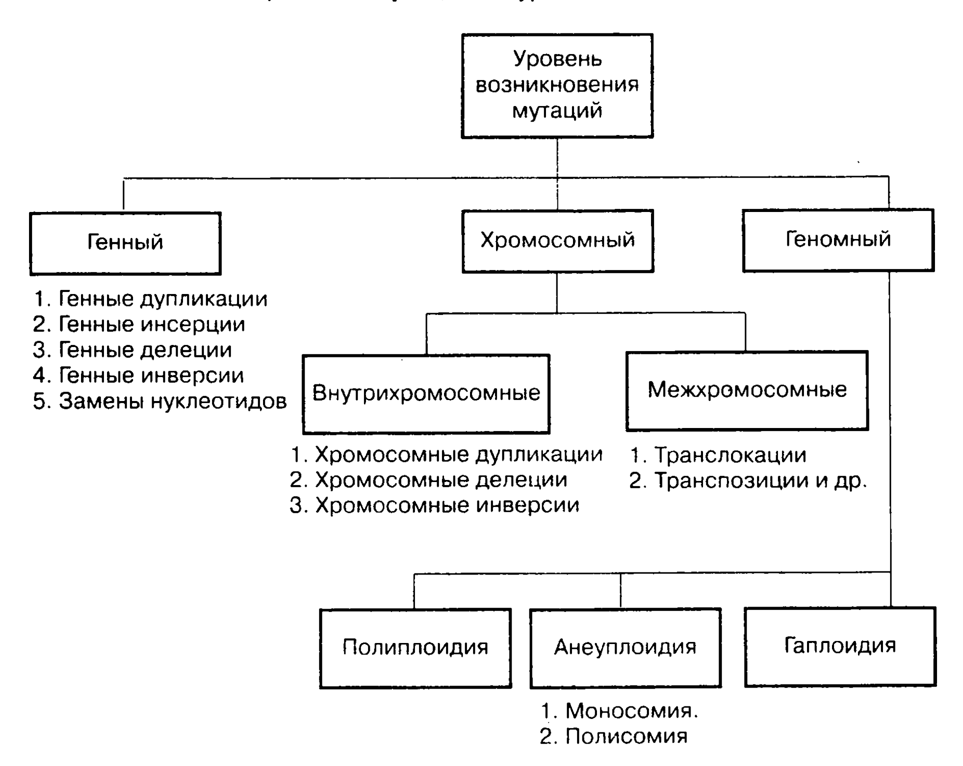


Таблица 51. Сравнительная характеристика форм изменчивости

Характеристика	Модификационная изменчивость	Мутационная изменчивость
Объект изменения	Фенотип в пределах нормы реакции	Генотип
Отбирающий фактор	Изменение условий окружающей среды	Изменение условий окружающей среды
Наследование признаков	Не наследуются	Наследуются
Подверженность изменениям хромосом	Не подвергаются	Подвергаются при хромосомной мутации
Подверженность изменениям молекул ДНК	Не подвергаются	Подвергаются в случае генной мутации

Окончание табл. 51

Характеристика	Модификационная изменчивость	Мутационная изменчивость
Значение для особи	Повышает или понижает жизнеспособность, продуктивность, адаптацию	Полезные изменения приводят к победе в борьбе за существование, вредные — к гибели
Значение для вида	Способствует выживанию	Приводит к образованию новых популяций, видов и т. д. в результате дивергенции
Роль в эволюции	Приспособление организмов к условиям среды	Материал для естественного отбора
Форма изменчивости	Определенная (групповая)	Неопределенная (индивидуальная)
Подчиненность закономерности	Статистическая закономерность вариационных рядов	Закон гомологических рядов наследственной изменчивости

Наследование некоторых признаков, сцепленных с полом, у человека

У человека в X-хромосоме помимо генов, участвующих в развитии половых признаков, находятся гены, определяющие свертываемость крови и цветоразличение, при этом доминантный аллель определяет нормальное формирование признака, а рецессивный — патологию (гемофилию и дальтонизм соответственно). Рассмотрим наследование этих генов на примере наследования дальтонизма (ген гемофилии наследуется аналогично). Ген дальтонизма является универсально распространенным на нашей планете. Фенотипически он проявляется у 7% мужчин и у 0,5% женщин, но носительницами этого гена являются 13% женщин (т. е. они имеют этот ген в гетерозиготном состоянии).

Итак, у человека в X-хромосоме находится ген, определяющий восприятие красного и зеленого цветов. Его доминантный аллель D обусловливает нормальное цветоразличение, в то время

как рецессивный аллель d вызывает дальтонизм (неспособность различать красный и зеленый цвета). Поскольку ген локализован в X-хромосоме, то в гетерозиготном состоянии он фенотипически не проявляется и женщина-носительница имеет нормальное цветовое различение. Рассмотрим наследование этого признака на различных примерах.

1. Брак женщины — носительницы гена дальтонизма (X^DX^d) и здорового мужчины (X^DY)

P ♀ X^DX^d мать — носительница × ♂ X^DY отец — здоров

Гаметы: X^D; X^d X^D; Y

F_1

♀ \ ♂	X^D	Y
X^D	$X^D X^D$ дочь здорова	X^D Y сын здоров
X^d	$X^D X^d$ дочь — носительница	X^d Y сын — дальтоник

Половина дочерей от этого брака будут здоровы, а половина будут носительницами; половина сыновей будут здоровы, а половина — дальтониками.

2. Брак здоровой женщины и мужчины-дальтоника

P ♀ X^DX^D × ♂ X^dY

Гаметы: X^D; X^D X^d; Y

F_1

♀ \ ♂	X^d	Y
X^D	$X^D X^d$ дочь — носительница	X^D Y сын здоров
X^D	$X^D X^d$ дочь — носительница	X^D Y сын здоров

Обратите внимание на то, что в этом браке все сыновья отца-дальтоника будут здоровы (поскольку от отца они получат не несущую данного гена Y-хромосому), а все дочери будут носительницами (поскольку от отца-дальтоника они получат свою вторую X-хромосому).

3. Брак женщины-носительницы и мужчины-дальтоника

P ♀ X^DX^d × ♂ X^dY

Гаметы: X^D; X^d X^d; Y

F_1

♀ \ ♂	X^d	Y
X^D	$X^D X^d$ дочь — носительница	X^D Y сын здоров
X^d	$X^d X^d$ дочь — дальтоник	X^d Y сын — дальтоник

От этого брака половина дочерей будут носительницами, а половина — дальтониками; половина сыновей будут дальтониками, а половина — здоровы. Этот пример наглядно иллюстрирует опасность браков между близкими родственниками, так как в этом случае велика вероятность перехода рецессивных генов, вызывающих различные патологии, в гомозиготное состояние.

4. Брак женщины-дальтоника и здорового мужчины

P ♀ X^dX^d × ♂ X^DY

Гаметы: X^d; X^d X^D; Y

F_1

♀ \ ♂	X^D	Y
X^d	$X^D X^d$ дочь — носительница	X^d Y сын — дальтоник
X^d	$X^D X^d$ дочь — носительница	X^d Y сын — дальтоник

Обратите внимание, что в данном браке все сыновья здорового мужчины будут дальтониками (поскольку свою X-хромосому они получат от матери, а у нее обе хромосомы несут ген дальтонизма); все дочери будут носительницами.

Опыты Моргана, позволившие ему сформулировать хромосомную теорию наследственности

Перед тем как начать разговор о создании Т. Морганом в 1911 г. хромосомной теории наследственности, давайте составим представление о том, какие сведения уже были накоплены биологией к этому времени.

Исследователи конца XIX в. считали, что во время деления клетки ядро полностью исчезает и в новых клетках ядра всегда возникают заново. Однако к началу XX в. наука накопила сведения, полностью опровергнувшие эти взгляды. Были открыты митоз (1874 г. — у растительных клеток; 1878 г. — у животных) и мейоз (1882 г. — у животных; 1888 г. — у растений). Исследования этих процессов показали, что ядро не исчезает в ходе клеточного деления и не возникает затем вновь в дочерних клетках. Стало очевидным, что между ядром материнской и дочерней клетки существует преемственность, которая заключается в равномерном распределении хромосом между клетками в ходе клеточных делений.

В 1900 г. были вновь открыты законы генетики (К. Корренс, Э. Чермак, Г. де Фриз), а в 1902–1903 гг. У. Саттон (США) и Т. Бовери (Германия) независимо друг от друга предположили, что наследственные задатки (гены) расположены в хромосомах. (Термин «ген» был предложен позже — в 1909 г. В. Иогансеном.) Параллелизм в поведении генов (при скрещиваниях и в расщеплении потомства) и хромосом (в процессе образования гамет) говорил в пользу того, что гены расположены именно в хромосомах.

В 1906 г. Р. Пеннет и У. Бетсон впервые описали нарушение менделевского закона независимого наследования двух признаков. В их опытах на душистом горошке два признака — окраска цветков и форма пыльцы — не давали независимого расщепления в потомстве, и потомки оказывались похожи на родителей. Постепенно таких исключений, не подчинявшихся закону независимого наследования признаков, накапливалось все больше и больше, и поэтому все более актуальными становились поиски от-

ветов на следующие вопросы: почему далеко не все признаки наследуются независимо друг от друга и как именно такие признаки наследуются? Как именно расположены гены в хромосомах? (Ведь любой организм несет очень много признаков, а число его хромосом невелико.) Каковы закономерности наследования генов, находящихся в одной хромосоме? На эти вопросы смогла ответить хромосомная теория наследственности, сформулированная в 1911 г. Т. Морганом. К своим выводам он пришел, изучая наследование различных признаков у плодовой мухи дрозофилы. Обратимся и мы к результатам его экспериментов.

У мухи дрозофилы ген серого цвета тела (B) доминирует над геном черного цвета (b), а ген нормальной длины крыльев (V) — над геном коротких крыльев (v). Если муху, являющуюся доминантной гомозиготой по этим двум признакам — серую с нормальными крыльями (BBVV), скрестить с рецессивной гомозиготой по этим же признакам — черной с короткими крыльями (bbvv), то в F_1 все потомство оказывается фенотипически единообразным — серое тело и длинные крылья, — а по генотипу дигетерозиготным (BbVv). На данном этапе никаких отличий от результатов обычного дигибридного скрещивания не наблюдалось (рис. 14).

Как определить, какие гаметы образуют особи первого гибридного поколения? Для этого надо провести анализирующее скрещивание, т. е. скрещивание гибрида с рецессивной гомозиготой (в данном случае bbvv — особями, имеющими черное тело и короткие крылья), а затем посмотреть расщепление потомства от этого скрещивания (F_2). Т. Морган провел две серии экспериментов по анализирующему скрещиванию. В первом случае в анализирующие скрещивания он вовлекал гибридных самцов, а во втором — гибридных самок. Рассмотрим сначала первую серию экспериментов по анализирующему скрещиванию (рис. 14, *а*). Гибридный самец, имевший серое тело и длинные крылья, был скрещен с самкой, имевшей черное тело и короткие крылья. Если бы гены, отвечающие за окраску тела и длину крыльев, находились в разных хромосомах, то у такого дигетерозиготного самца (BbVv) должны были бы образовываться гаметы четырех типов в равных соотношениях: 25% гамет BV, 25% bV, 25% Bv и 25% гамет bv. Следствием этого должно было бы быть появление в потомстве этого анализирующего скрещивания (в F_2) четырех фенотипических классов потомков: серых длиннокры-

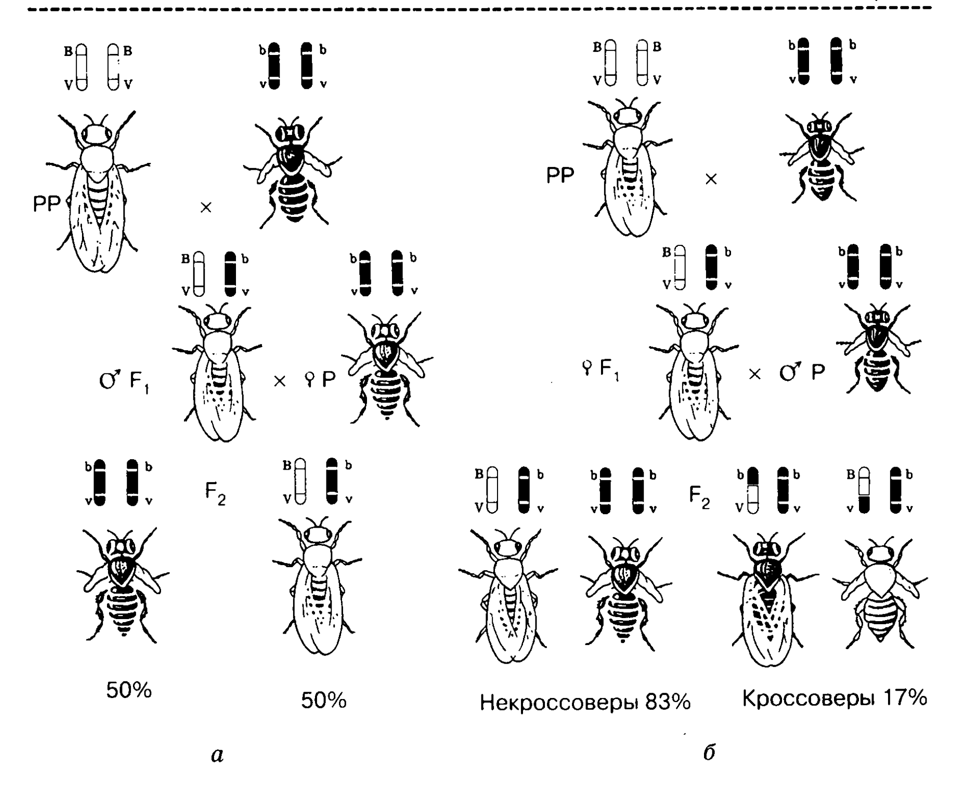


Рис. 14. Сцепленное наследование генов окраски тела и длины крыльев у мухи дрозофилы

лых, серых короткокрылых, черных длиннокрылых и черных короткокрылых; при этом соотношение между классами должно было быть 1:1:1:1, т. е. по 25% особей каждого класса (см. «Анализирующее скрещивание», случай дигетерозиготы). Однако в действительности наблюдалось другое распределение: 50% серых длиннокрылых и 50% черных короткокрылых, т. е. фенотипы потомков полностью совпали с фенотипами родителей. Это значит, что в данном случае не происходило образования гамет предполагаемых четырех типов и, следовательно, гены этих признаков не находились в разных хромосомах. Иными словами, результаты этой серии экспериментов привели Т. Моргана к выводу о том, что гены цвета тела и длины крыльев находятся в одной хромосоме и поэтому следующему поколению будут передаваться сцепленно. При абсолютном сцеплении обоих генов следует ожидать не четырех (как при независимом наследова-

нии генов), а всего лишь двух типов гамет: 50% BV и 50% bv. Это предположение подтвердилось во всех опытах, где самка была гомозиготна по обоим рецессивам (bbvv), а самец — дигетерозиготным (BbVv).

Во второй серии экспериментов родительские формы поменяли местами — дигетерозиготой (BbVv) была самка (а не самец, как раньше), а гомозиготой по обоим рецессивным аллелям (bbvv) — самец. В результате было получено совершенно иное, чем в предыдущем опыте, распределение фенотипов в потомстве.

Итак, родительские формы поменяли местами: гибридную серую длиннокрылую самку (BbVv) скрещивали с черным короткокрылым самцом (bbvv) (рис. 14, *б*). В потомстве получили не два, как ранее, а четыре класса фенотипов. Это были как раз те четыре фенотипа, которые следовало бы ожидать в случае независимого наследования признаков, однако между ними не наблюдалось соотношения 1:1:1:1 (или 25%:25%:25%:25%). В эксперименте было получено 41,5% серых длиннокрылых мух (BbVv), 41,5% черных короткокрылых (bbvv), 8,5% черных длиннокрылых (bbVv) и 8,5% серых короткокрылых (Bbvv).

Для того чтобы у потомства сформировались данные фенотипы, самка должна образовывать не два (как в первом опыте), а четыре типа соответствующих гамет: BV, bv, bV, Bv. Откуда же взялись гаметы bV и Bv? Вспомним мейоз. В профазе первого мейотического деления происходит конъюгация гомологичных хромосом, а затем и обмен их гомологичными участками — кроссинговер. Как раз в результате этих процессов происходит перекомбинация генов, и появляются гаметы bV и Bv, т. е. гаметы с комбинациями генов, отличными от исходных групп сцепления. Такие гаметы называются кроссоверными, а гаметы, несущие исходные группы сцепления, — некроссоверными. (У самцов дрозофилы кроссоверные гаметы не образуются, потому что у них отсутствует специфический белковый комплекс, необходимый для конъюгации гомологичных хромосом.)

Вторая серия опытов показала, что сцепление генов, локализованных в одной хромосоме, может быть неполным и нарушаться в результате кроссинговера.

Анализ и обобщение результатов, полученных в описанных сериях экспериментов, позволили Т. Моргану сформулировать хромосомную теорию наследственности.

Словарь основных терминов и понятий

Аморфные мутации (греч. «а» — отрицание, «морфа» — форма) — группа мутаций по характеру их проявления в фенотипе. Неактивны в отношении типичного эффекта нормального аллеля. Например, ген альбинизма полностью тормозит образование пигмента у животных или хлорофилла у растений.

Анеуплоидия (гетероплоидия) — изменение числа хромосом, не кратное гаплоидному набору. В результате возникают особи с аномальным числом хромосом: моносомики ($2n - 1$), у которых не хватает одной хромосомы в какой-либо паре, и полисомики, у которых одна из хромосом может быть повторена несколько раз (например, трисомики — $2n + 1$, тетрасомики — $2n + 2$). У человека описаны трисомии по различным парам хромосом. Так, одна добавочная хромосома у человека вызывает болезнь Дауна — физическую и умственную отсталость; недостаток одной X-хромосомы у женщин приводит к потере признаков пола (моносомия).

Антиморфные мутации (греч. «анти» — против, «морфа» — форма) — группа мутаций по характеру их проявления в фенотипе. Оказывают действие, противоположное действию нормального аллеля. Так, у кукурузы исходный аллель дает пурпурную окраску семян, а мутантный — вызывает образование бурого пигмента.

Вариационная кривая — графическое выражение изменчивости признака, отражающее как размах вариации, так и частоту встречаемости отдельных вариант.

Вариационный ряд — ряд модификационной изменчивости признака, слагающийся из отдельных значений, расположенных в порядке увеличения или уменьшения количественного выражения признака (размеры листьев, число цветков в колосе, изменение окраски шерсти).

Гаплоидия — уменьшение числа хромосом вдвое. Такой организм (гаплоид) имеет в соматических клетках гаплоидный набор хромосом. Поскольку он имеет лишь по одной хромосоме из каждой гомологичной пары, то в его фенотипе проявляются все имеющиеся рецессивные аллели.

Генетика популяций — раздел генетики, изучающий вопросы изменения генетической структуры популяций в результате действия мутационного процесса, отбора, случайного измене-

ния частот генов. Одна из сфер приложения популяционной генетики — теория эволюции. Фундаментальное значение для развития популяционной генетики имели два события: открытие закона Харди—Вайнберга (см.276) и публикация работы С. С. Четверикова «О некоторых моментах эволюционного процесса с точки зрения современной генетики» (1926). В этой работе Четвериков показал, что рецессивная мутация, не проявляющаяся в фенотипе, тем не менее не исчезает, а накапливается в популяции в значительном количестве в гетерозиготном состоянии. Он сделал важный вывод о насыщенности природных популяций рецессивными мутациями, о том, что «популяция, подобно губке, впитывает рецессивные мутации, оставаясь при этом фенотипически однородной». Такая генетическая гетерогенность является скрытым резервом наследственной изменчивости и создает возможность эволюционных преобразований популяций под действием естественного отбора.

Генетико-автоматические процессы — см. Дрейф генов.

Генные (точковые) мутации — мутации, изменяющие последовательность нуклеотидов в гене, т. е. структуру самого гена.



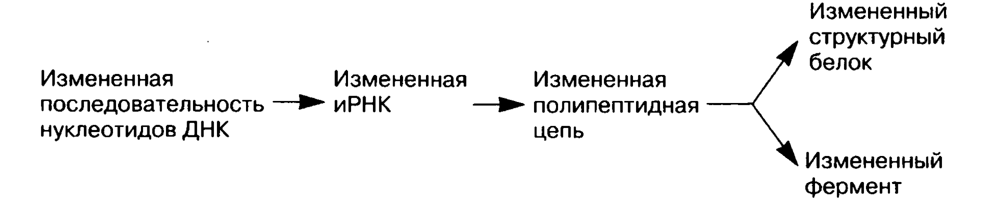
1. Генные дупликации — удвоение пары или нескольких пар нуклеотидов (удвоение пары Г—Ц).
2. Генные инсерции — вставка пары или нескольких пар нуклеотидов (вставка пары Г—Ц между А—Т и Т—А).

3. Генные делеции — выпадение нуклеотидов (выпадение комплементарной пары Т—А между А—Т и Г—Ц).
4. Генные инверсии — перестановка фрагмента гена (во фрагменте исходная последовательность нуклеотидов Т—А, Г—Ц заменяется на обратную Г—Ц, Т—А).
5. Замены нуклеотидов — замена пары нуклеотидов на другую; при этом общее число нуклеотидов не меняется (замена Т—А на Ц—Г). Один из наиболее частых типов мутаций.

Дупликации, инсерции и делеции могут приводить к изменению рамки считывания генетического кода. Рассмотрим это на примере. Возьмем следующую исходную последовательность нуклеотидов в ДНК (для простоты будем рассматривать только одну ее цепь): АТГАЦЦГЦГА... Она будет считываться следующими триплетами: АТГ, АЦЦ, ГЦГ, А... Допустим, произошла делеция, и в самом начале последовательности между А и Г выпал нуклеотид Т. В результате этой мутации получится измененная последовательность нуклеотидов: АГАЦЦГЦГА, которая уже будет считываться совершенно иными триплетами: АГА, ЦЦГ, ЦГА. Поэтому в полипептидную цепь будут соединяться совершенно другие аминокислоты и, таким образом, будет синтезироваться мутантный белок, совершенно непохожий на нормальный. Кроме того, в результате генных мутаций, приводящих к сдвигу рамки, могут образовываться терминирующие кодоны ТАА, ТАГ или ТГА, прекращающие синтез.

Выпадение целого триплета приводит к менее тяжелым генетическим последствиям, чем выпадение одного или двух нуклеотидов. Рассмотрим ту же нуклеотидную последовательность: АТГАЦЦГЦГА... Допустим, произошла делеция, и выпал целый триплет АЦЦ. Мутантный ген будет иметь измененную последовательность нуклеотидов АТГГЦГА, которая будет считываться следующими триплетами: АТГ, ГЦГ, А... Видно, что после выпадения триплета рамка считывания не сдвинулась, синтезированный белок хоть и будет на одну аминокислоту отличаться от нормального, но в целом будет весьма на него похож. Однако это отличие в аминокислотном составе может привести к изменению третичной структуры белка, которая в основном и определяет его функции, и функция мутантного белка, скорее всего, будет снижена по сравнению с нормальным белком. Этим и объясняется тот факт, что мутации, как правило, рецессивны.

Генные мутации проявляются фенотипически в результате синтеза соответствующих белков:



Генные мутации приводят к изменению строения молекул белков и к появлению новых признаков и свойств (например, альбиносы у животных и растений, махровость у цветков за счет преобразования тычинок в лепестки и снижение их плодовитости, образование летальных и полулетальных генов, вызывающих гибель организма, и т. д.). Генные мутации происходят под влиянием мутагенных факторов (биологических, физических, химических) или спонтанно (случайно). Генные мутации свойственны и генетической РНК вирусов.

Геномные мутации — изменение числа хромосом. Они могут быть вызваны нерасхождением хромосом при мейозе, что приводит к появлению у гамет нового набора хромосом. Геномные мутанты могут быть представлены гаплоидами (с вдвое меньшим числом хромосом), анеуплоидами (с лишней или недостающей хромосомой), полиплоидами (с кратным увеличением наборов хромосом).

Гипоморфные мутации — группа мутаций по характеру их проявления. Действуют в том же направлении, что и нормальный аллель, но дают несколько ослабленный эффект. Например, у дрозофилы окраска глаз при мутации значительно бледнее.

Гомологические ряды (греч. «гомологос» — подобный) — сходные, параллельные ряды наследственных изменений, характерные для родственных видов и родов. Закон гомологических рядов наследственной изменчивости был открыт Н. И. Вавиловым в 1920 г. — «Изменчивость близких по происхождению видов и родов осуществляется общим путем. Генетически близкие роды и виды характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости с такой правильностью, что, зная ряд форм в пределах одного вида, можно предвидеть нахождение параллельных форм у других родственных видов и родов. Чем более систематически близки виды и роды, тем полнее сходство в рядах их из-

менчивости». Согласно закону наличие ряда признаков у одного вида предполагает наличие таких же признаков и у другого родственного вида. Так, отсутствие ядовитых растений у подавляющего большинства представителей семейства бобовых привело ученого к мысли о том, что у ядовитого люпина имеются в природе неядовитые формы. В результате поисков такой люпин был найден. Таким же образом была найдена одноростковая свекла, безостая твердая пшеница. Закон имеет большое практическое значение, так как дает возможность селекционеру искать или создавать формы, известные у других видов или родов. Аналогичное явление характерно и для животных. Например, селекционным путем была получена вся гамма расцветок меха у норки (34 типа).

Дизруптивный (рассекающий) отбор — одна из форм естественного отбора, которую можно рассматривать как противоположность стабилизирующему. Дизруптивный отбор действует тогда, когда условия внешней среды настолько изменились, что основное число особей вида утрачивает адаптивность, а преимущества приобретают особи с крайними отклонениями от средней нормы. Именно эти отклонения и играют адаптивную роль в новых условиях. Численность таких форм быстро увеличивается, и на базе одного вида вследствие дивергенции формируются несколько новых.

Дрейф генов — случайное ненаправленное изменение частот аллелей и генотипов в малых популяциях. Одной из причин дрейфа генов могут быть популяционные волны. Поскольку дрейф генов может идти вопреки естественному отбору, его последствия для популяции непредсказуемы: небольшую популяцию он может привести к гибели либо может сделать ее еще более приспособленной к данной среде или усилить ее отличие от родительской популяции. Дрейф генов считают существенным фактором в возникновении новых видов в островных изолированных популяциях. Явление дрейфа генов было открыто С. Райтом и Р. Фишером и независимо от них советскими учеными Н. П. Дубининым и Д. Д. Ромашовым, которые дали ему название «генетико-автоматические процессы».

Закон Харди—Вайнберга — основа математических построений генетики популяций и современной эволюционной теории. Сформулирован независимо друг от друга математиком Г. Хар-

ди (Англия) и врачом В. Вайнбергом (Германия) в 1908 г. Этот закон утверждает, что частоты аллелей и генотипов в данной популяции будут оставаться постоянными из поколения в поколение при выполнении следующих условий: 1) численность особей популяции достаточно велика (в идеале — бесконечно велика), 2) спаривание происходит случайным образом (т. е. осуществляется панмиксия), 3) мутационный процесс отсутствует, 4) отсутствует обмен генами с другими популяциями, 5) естественный отбор отсутствует, т. е. особи с разными генотипами одинаково плодовиты и жизнеспособны. Иногда этот закон формулируют иначе: в идеальной популяции частоты аллелей и генотипов постоянны. (Поскольку описанные выше условия выполнения данного закона и есть свойства идеальной популяции.) Математическая модель закона отвечает формуле:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Она выводится на основе следующих рассуждений. В качестве примера возьмем простейший случай — распределение двух аллелей одного гена. Пусть два организма являются основателями новой популяции. Один из них является доминантной гомозиготой (АА), а другой — рецессивной гомозиготой (аа). Естественно, что все их потомство в F_1 будет единообразным и будет иметь генотип (Аа). Далее особи F_1 будут скрещиваться между собой. Обозначим частоту встречаемости доминантного аллеля (А) буквой р, а рецессивного аллеля (а) — буквой q. Поскольку ген представлен всего двумя аллелями, то сумма их частот равна единице, т. е. $p + q = 1$. Рассмотрим все яйцеклетки в данной популяции. Доля яйцеклеток, несущих доминантный аллель (А), будет соответствовать частоте этого аллеля в популяции и, следовательно, будет составлять р. Доля яйцеклеток, несущих рецессивный аллель (а), будет соответствовать его частоте и составлять q. Проведя аналогичные рассуждения для всех сперматозоидов популяции, придем к заключению о том, что доля сперматозоидов, несущих аллель (А), будет составлять р, а несущих рецессивный аллель (а) — q. Теперь составим решетку Пеннета; при этом при написании типов гамет будем учитывать не только геномы этих гамет, но и частоты несомых ими аллелей. На пересечении строк и столбцов решетки мы получим генотипы потомков с коэффициентами, соответствующими частотам встречаемости этих генотипов.

F_2

♀ \ ♂	pA	qa
pA	p^2AA	pqAa
qa	pqAa	q^2aa

Из приведенной решетки видно, что в F_2 частота доминантных гомозигот (AA) составляет p^2, частота гетерозигот (Aa) — 2pq, а рецессивных гомозигот (aa) — q^2. Поскольку приведенные генотипы представляют собой все возможные варианты генотипов для рассматриваемого нами случая, то сумма их частот должна равняться единице, т. е.

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Главное применение закона Харди—Вайнберга в генетике природных популяций — вычисление частот аллелей и генотипов. Рассмотрим пример использования этого закона в генетических расчетах. Известно, что один человек из 10 тыс. является альбиносом, при этом признак альбинизма у человека определяется одним рецессивным геном. Давайте вычислим, какова доля скрытых носителей этого признака в человеческой популяции. Если один человек из 10 тыс. является альбиносом, то это значит, что частота рецессивных гомозигот составляет 0,0001, т. е. $q^2 = 0{,}0001$. Зная это, можно определить частоту аллеля альбинизма q, частоту доминантного аллеля нормальной пигментации p и частоту гетерозиготного генотипа (2pq). Люди с таким генотипом как раз и будут скрытыми носителями альбинизма, несмотря на то что фенотипически этот ген не будет у них проявляться и они будут иметь нормальную пигментацию кожи.

$q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0{,}0001} = 0{,}01$ (или 1%)
$p = 1 - q = 1 - 0{,}01 = 0{,}99$ (или 99%)
$2pq = 2 \cdot 0{,}99 \cdot 0{,}01 = 0{,}0198 \approx 0{,}02$ (или 2%)

Из приведенных простых расчетов видно, что, хотя число альбиносов крайне невелико — всего лишь один человек на 10 тыс., ген альбинизма несет значительное количество людей — око-

ло 2%. Иными словами, даже если признак фенотипически проявляется очень редко, то в популяции присутствует значительное количество носителей этого признака, т. е. особей, имеющих этот ген в гетерозиготе.

Благодаря открытию закона Харди—Вайнберга процесс микроэволюции стал доступен непосредственному изучению: о его ходе можно судить по изменениям из поколения в поколение частот генов (или генотипов). Таким образом, несмотря на то что этот закон действителен для идеальной популяции, которой нет и не может быть в природе, он имеет огромное практическое значение, так как дает возможность рассчитать частоты генов, изменяющиеся под влиянием различных факторов микроэволюции.

Запас изменчивости в популяции — накопившийся в многочисленных поколениях резерв признаков наследственной изменчивости, находящихся в гетерозиготном состоянии. С того момента, когда они переходят в гомозиготное состояние и проявляются фенотипически, они попадают под контроль естественного отбора. В природных популяциях мушки дрозофилы выявлено, что каждая особь гетерозиготна по одной морфологической, двум летальным и четырем полулетальным мутациям. Этот генетический груз составляет тот резерв наследственной изменчивости данного вида, который проявляется при изменении среды обитания и поставляет материал для естественного отбора. На одного человека в среднем приходится до 10 рецессивных летальных мутаций. В связи с мутагенным действием загрязнения окружающей среды груз летальных мутаций возрастает, поэтому участились случаи рождения детей с тяжелыми наследственными пороками (как умственными, так и физическими).

Изменчивость — способность организмов изменять свои признаки и свойства, что проявляется в разнообразии особей внутри вида. Изменчивость бывает наследственная (неопределенная, индивидуальная генотипическая) и ненаследственная (определенная, групповая, модификационная). Наследственная изменчивость связана с изменением генотипа, ненаследственная — с изменением фенотипа под влиянием условий окружающей среды.

Изменчивость при обмене генетической информацией — наследственные изменения, возникающие в результате встраивания в генетический аппарат про- или эукариотической клетки фрагмента чужеродной ДНК, несущего определенные гены. В отличие от мутагенеза (когда в результате какого-либо воздействия может измениться любой ген или несколько генов одно-

временно и результат этих изменений невозможно предсказать заранее) при обмене генетической информацией происходит направленное изменение определенных генов, и результат этих изменений заранее известен. Обмен генетической информацией осуществляется в виде трансформации и трансдукции. Используется в генной инженерии.

Комбинационная (комбинативная) изменчивость — тип наследственной изменчивости, обусловленной различными перекомбинациями уже имеющихся генов и хромосом. Не сопровождается изменениями структуры генов и хромосом. Ее источниками являются следующие процессы, происходящие в ходе мейоза и в результате оплодотворения:

— рекомбинация генов в результате кроссинговера;

— рекомбинация хромосом в ходе мейоза;

— комбинации хромосом, возникающие в результате слияния гамет при оплодотворении.

Модификации — изменения фенотипа (признаков организма), вызванные факторами внешней среды и не связанные с изменениями генотипа организма. Модификации являются изменениями в пределах нормы реакции, которая контролируется генотипом. Модификации характеризуются рядом свойств:

— возникают постепенно, имеют переходные формы;

— модификации — изменения количественные; они образуют непрерывные ряды и группируются вокруг среднего значения;

— возникают направленно — под влиянием одного и того же фактора среды группа организмов изменяется сходным образом;

— модификации обратимы;

— модификации не передаются по наследству из поколения в поколение.

Основой существования модификаций является то, что фенотип — это результат взаимодействия генотипа и внешних условий, поэтому изменение внешних условий может вызвать изменения фенотипа, не затрагивая генотип. Эволюционное значение модификаций заключается в том, что они позволяют организмам адаптироваться к условиям внешней среды, которые могут неоднократно меняться в течение жизни этих организмов.

Модификационная изменчивость — изменчивость фенотипа, которая является реакцией конкретного генотипа на изменившиеся условия среды. Модификационные изменения не передаются по наследству и возникают как реакция организма, т. е. представляют собой адаптацию. Так, при ежедневном облива-

нии холодной водой появляется устойчивость к простудным заболеваниям, так как вследствие закаливания организма клеточные мембраны не теряют свойств избирательной проницаемости при низких температурах и оказывают сопротивление микроорганизмам, которые всегда находятся в окружающей среде. Если человек прекращает закаливание, организм вновь подвергается простудным заболеваниям. В практике сельского хозяйства модификационная изменчивость проявляется в изменении продуктивности животных и растений. Так, дополнительное освещение на птицефермах приводит к повышению яйценоскости кур, поскольку создаются условия длинного естественного дня, при котором куры несутся чаще. Биологические стимуляторы способствуют увеличению удойности коров и повышению жирности молока. Своевременные агротехнические мероприятия (полив, культивация, внесение удобрений) значительно повышают урожайность сельскохозяйственных культур. Модификационная изменчивость ограничена пределами, которые допускает норма реакции генотипа особи.

Мутагены (лат. «мутацио» — изменение и греч. «генос» — рождение) — факторы, вызывающие изменение генотипа как в естественных, так и в искусственно созданных условиях. Это могут быть химические, температурные, биологические воздействия, действия различных излучений и др. Например, загрязнение атмосферы и воды отходами химической промышленности, которые являются мутагенами, приводит к заболеванию или гибели живых организмов. Пестициды, вызывая мутации и гибель организмов, против которых они направлены, одновременно оказывают вредное воздействие на другие организмы, в том числе и на человека. Биологическими мутагенами являются вирусы и бактерии (ДНК вирусов встраивается в клетку и разрушает или изменяет ее генотип). Химическими мутагенами служат некоторые лекарства, возбуждающие средства (алкоголь), наркотики (никотин табака, морфин мака). Особенно губительны эти мутагены для детей и молодых людей.

Мутации — внезапные, естественные или вызванные искусственно наследуемые изменения генетического материала, приводящие к изменению признаков организма. Основы учения о мутациях заложены Г. де Фризом в 1901 г. и оформлены затем в мутационную теорию. Мутации характеризуются рядом свойств:

— возникают внезапно, скачкообразно, без всяких переходных форм;

— мутации — изменения качественные и, в отличие от ненаследственных изменений, не образуют непрерывных рядов и не группируются вокруг среднего значения;
— возникают ненаправленно — под влиянием одного и того же мутагенного фактора может мутировать любая часть структуры, несущей генетическую информацию, приводя тем самым к изменению самых разнообразных признаков;
— сходные мутации могут возникать неоднократно;
— мутации передаются из поколения в поколение.

Мутационная изменчивость — тип наследственной изменчивости, обусловленной появлением различных изменений в структуре генов, хромосом или генома. Фенотипически мутации проявляются только тогда, когда становятся гомозиготными.

Направленное получение мутаций — новый подход в генетике и молекулярной биологии, базирующийся на раскрытии молекулярных механизмов мутаций, управлении этими мутациями и получении форм живых организмов с заданными признаками и свойствами. В селекции растений — это выведение полиплоидных форм, в микробиологии — новых штаммов микроорганизмов, способных синтезировать определенные органические вещества (кормовые или лекарственные).

Неоморфные мутации (греч. «неос» — новый, «морфа» — форма) — группа мутаций, нетипичных по характеру их проявления в фенотипе. Их действие совершенно отлично от действия исходного нормального аллеля.

Норма реакции — предел модификационной изменчивости признака, обусловленный генотипом. Качественные признаки, такие, как окраска шерсти животных, цветка растений, имеют узкий предел изменчивости, поскольку являются жизненно важными (окраска животных играет защитную роль, окрашенный венчик цветка привлекает насекомых-опылителей). Количественные признаки, например масса животного, размеры листьев растения, изменяются в довольно широких пределах. Однако такие количественные признаки, как размеры сердца и мозга, имеют узкую норму реакции. Норма реакции выражается в виде вариационного ряда или в виде вариационной кривой.

Полиплоидия (греч. «поли» — много, «плоид» — складывать) — увеличение числа хромосом, кратное (эуплоидия) и некратное (анэуплоидия) гаплоидному набору: 3n — триплоид, 4n — тетраплоид, 5n — пентаплоид и т. д. Причина возникновения —

удвоение хромосом без последующего деления клетки либо нерасхождение хромосом в результате блокады работы веретена деления. Среди животных встречается крайне редко (тутовый шелкопряд), так как, как правило, приводит к гибели организма. У растений распространено очень широко. В пределах одного рода различные виды часто образуют полиплоидные ряды. Так, род картофель имеет виды с 12, 24, 36, 48, 60, 72, 96, 108 и 144 хромосомами. Полиплоидные растения имеют более широкую норму реакции и, следовательно, легче приспосабливаются к неблагоприятным условиям внешней среды. В северных широтах и высокогорных районах полиплоиды составляют более 80% от общего числа распространенных там видов растений. Полиплоидные формы известны в декоративном цветоводстве, например тюльпаны, нарциссы, гладиолусы, имеющие очень крупные цветки. Некоторые полиплоиды имеют пониженную семенную продуктивность вследствие того, что у их триплоидных форм при мейозе часть хромосом не находит себе пары. При этом образуются половые клетки с несбалансированным набором хромосом, которые затем погибают, что приводит к снижению плодовитости или к полной бесплодности (так могут быть получены бессемянные плоды). В тетраплоидном же организме набор хромосом обычно бывает парным и мейоз идет нормально, что обеспечивает высокую семенную продуктивность растений.

Полиплоидные ряды — формы растений с удвоенным, утроенным и т. д. по сравнению с исходным видом набором хромосом. В селекционной практике получены полиплоидные ряды свеклы, пшеницы, кукурузы, гречихи, картофеля, плодовых культур, дающие большую прибавку урожая и отличающиеся большой жизнеспособностью.

Популяционные волны (волны численности, волны жизни) — резкие колебания численности особей популяции вследствие естественных причин. Впервые на это явление обратил внимание С. С. Четвериков, им же был введен данный термин (1905). У быстро размножающихся видов наблюдается периодическое чередование быстрых подъемов численности и резких спадов. Например, численность мышевидных грызунов за четыре года возрастает от ничтожной до максимальной, затем падает почти до нуля и снова начинает увеличиваться. Важную роль в данном случае играют хищники, численность которых колеблется пропорционально численности грызунов. Важной причиной популяционных волн является также постепенное истощение пище-

вых ресурсов в связи с ростом популяции и последующее их восстановление после снижения численности популяции. Причинами резких непериодических снижений численности популяции могут также быть стихийные бедствия: засухи, пожары, наводнения. Каким бы ни был механизм популяционных волн, ясно, что на численность популяции могут влиять одновременно многие факторы. Популяционные волны играют большую роль в ходе микроэволюции. С возрастанием численности популяции увеличивается вероятность появления новых мутаций и их комбинаций. Если в среднем один мутант появляется на 10 тыс. особей, то при возрастании численности популяции в 100 раз общее число мутантов увеличится во столько же раз. После спада волны численности генофонд популяции может уже оказаться иным: часть мутаций может случайно исчезнуть из-за гибели несущих их особей, а частота встречаемости других мутаций может повыситься. Таким образом, популяционные волны сами по себе не вызывают наследственную изменчивость, а только способствуют изменению частот аллелей и генотипов; они являются поставщиком исходного материала для действия естественного отбора.

Репарация — исправление мутационных повреждений генов; процесс, противоположный мутагенезу. В ДНК клетки ежедневно происходит множество случайных изменений. Однако из тысяч таких случайных замен оснований в ДНК лишь одна приводит к мутации, а все остальные эффективно исправляются (репарируются) с помощью специальных ферментных систем. Такие ферментные системы выработались в ходе эволюции и направлены на поддержание стабильности генетической информации клетки. Репарация может происходить как до, так и после репликации ДНК. Конкретные механизмы репарации различны, но все они основаны на том, что в молекуле ДНК имеется две копии информации (в двух комплементарных цепях нуклеотидов). Репарация обязательно включает в себя следующие три этапа:

— распознавание и удаление поврежденного участка, образование бреши в одной из цепей ДНК;

— заполнение этой бреши: синтез на этом месте нового фрагмента полинуклеотидной цепи. Синтез идет по принципу комплементарности, в качестве матрицы используется вторая неповрежденная цепь молекулы ДНК;

— «пришивание» вновь синтезированного фрагмента к полинуклеотидной цепи и восстановление структуры молекулы.

Наиболее хорошо механизмы репарации изучены на микроорганизмах.

Синтетическая теория эволюции — это современная эволюционная теория, основы которой были заложены С. С. Четвериковым (1926), объединившим дарвинизм с классической генетикой. Эта теория получила развитие в работах английского ученого Дж. Хаксли (1942), который продолжил разработку комплексного подхода к процессам эволюции на базе современных достижений генетики популяций, молекулярной биологии, эволюции биосферы. Основными положениями этой теории являются следующие:

1. Популяция — наименьшая, элементарная эволюционная единица.
2. Элементарным эволюционным событием является изменение генетического состава популяции.
3. Материалом для эволюции служат, как правило, мелкие, дискретные изменения наследственности — мутации.
4. Факторами, поставляющими материал для отбора, являются мутационный процесс, комбинативная изменчивость и волны численности (популяционные волны). Они имеют случайный и ненаправленный характер. Фактором, усиливающим генетические различия, является изоляция.
5. Единственный направляющий фактор эволюции — естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование. Его действие основывается на сохранении и накоплении случайных мелких мутаций.
6. Эволюция — постепенный и длительный процесс. Видообразование как этап эволюционного процесса представляет собой последовательную смену вре́менных популяций.
7. Вид, как правило, состоит из множества соподчиненных, морфологически, физиологически и генетически отличных, но репродуктивно не изолированных единиц — подвидов и популяций. (Однако известны также виды с небольшими ареалами, не делящиеся на подвиды, а некоторые реликтовые виды состоят из единственной популяции.)
8. Обмен аллелями, поток генов возможны лишь внутри вида. (Отсюда следует определение вида как генетически целостной и замкнутой системы.)
9. Эволюция носит дивергентный характер, т. е. один таксон может стать предком нескольких дочерних таксонов, но каждый

вид имеет единственный предковый вид, единственную предковую популяцию. (Вследствие этого любой реальный, а не сборный таксон имеет монофилетическое происхождение.)

10. Макроэволюция на уровне выше вида (род, семейство, отряд и т. д.) идет лишь путем микроэволюции; не существует закономерностей макроэволюции, отличных от закономерностей микроэволюции.

11. Эволюция непредсказуема и имеет ненаправленный характер, т. е. не идет в направлении какой-то конечной, заранее заданной цели. Иными словами, она не носит финалистического характера.

«Классическая» синтетическая теория эволюции сформировалась в 40-х гг. XX в. Современная эволюционная биология дополняет ее рядом положений:

— Помимо естественного отбора, в небольших изолированных популяциях формирующую роль играет дрейф генов.

— Эволюция не всегда совершается постепенно. Видообразование может носить и внезапный характер, например путем полиплоидии или в результате крупных хромосомных мутаций.

— Эволюция может быть прогнозируема: в ряде случаев ее общее направление можно предсказать, оценивая прошлую историю вида, его генофонд и возможное влияние среды.

Спонтанные мутации (лат. «спонтанус» — самопроизвольный) — мутации, возникающие в естественных условиях. Они носят случайный, ненаправленный характер и могут происходить как в половых, так и в соматических клетках (клетках тела). Причины спонтанных мутаций — нерасхождение хромосом при делении клеток, перестройка хромосом, изменение последовательности нуклеотидов в ДНК, перестройка генов и т. д. Спонтанные мутации — важнейший источник наследственных изменений, материал для естественного отбора, элементарное эволюционное явление.

Точковые мутации — см. *Генные (точковые) мутации.*

Трансдукция — направленный перенос и встраивание в генетический аппарат клетки небольшого фрагмента чужеродного ДНК при помощи посредников — бактериофагов или вирусов. Открыта в 1952 г. Н. Циндером и Дж. Ледербергом. В одной из клеток в геном вируса встраивается фрагмент генетического материала бактерии, после чего вирусные частицы проникают в другую

клетку и встраивают в ее геном уже не только свою нуклеиновую кислоту, но и приобретенный фрагмент ДНК. После выделения вирусной нуклеиновой кислоты в геноме этой другой клетки остается фрагмент генетического материала первой бактерии. Трансдукция используется в генной инженерии.

Трансформация — направленный перенос и встраивание в генетический аппарат клетки небольшого фрагмента чужеродной ДНК. Происходит без участия вирусов и бактериофагов. В ходе этого процесса небольшой фрагмент ДНК поглощается клеткой-реципиентом и включается в состав своей собственной ДНК, замещая в ней похожий (но не обязательно идентичный) фрагмент. Наблюдается лишь у немногих бактерий. Трансформация была открыта в 1944 г. О. Эвери, С. Мак-Леодом и М. Мак-Карти. Открытие этого явления было первым прямым доказательством того, что генетическим материалом является именно ДНК (а не белки, как предполагалось ранее).

Хромосомные аберрации — см. *Хромосомные мутации.*

Хромосомные мутации (аберрации, перестройки) — изменения положения участков хромосом; приводят к изменению размеров и формы хромосом. В эти изменения могут быть вовлечены как участки одной хромосомы, так и участки разных, негомологичных хромосом, поэтому хромосомные мутации (перестройки) подразделяются на внутри- и межхромосомные.

А. Внутрихромосомные мутации

1. Хромосомные дупликации — удвоение участка хромосомы.

2. Хромосомные делеции — утрата хромосомой какого-либо участка.

3. Хромосомные инверсии — разрыв хромосомы, переворачивание оторвавшегося участка на 180° и встраивание его на прежнее место.

A B C D E F — исходная последовательность генов в хромосоме

дупликация A B C D E E F

делеция A B C D E

инверсия A B C F E D

Б. Межхромосомные мутации

1. Транслокация — обмен участками между негомологичными хромосомами (в мейозе).

2. Транспозиция — включение участка хромосомы в другую, негомологичную хромосому без взаимного обмена.

Хромосомные перестройки — см. *Хромосомные мутации.*

Цитоплазматическая мужская стерильность (ЦМС) — разновидность внеядерной наследственности. Характеризуется присутствием в ДНК митохондрий и пластид цитоплазматического гена (плазмогена), угнетающего формирование хромосом при образовании пыльцы. В результате появляется нежизнеспособная (стерильная) пыльца, не образующая спермиев. ЦМС играет большую роль в селекции и семеноводстве для исключения самоопыления и последующего получения гетерозисных гибридов. Она описана у кукурузы, лука, пшеницы, свеклы и других растений.

Цитоплазматическая (внеядерная) наследственность — наследственность, осуществляемая с помощью молекул ДНК, находящихся в пластидах и митохондриях. В этом случае признаки не наследуются по законам Менделя, так как указанные молекулы ДНК находятся вне хромосом. Признаки, наследующиеся цитоплазматически, передаются только через яйцеклетку, содержащую зачатки пластид и митохондрий, например пестролистность растения львиный зев передается по материнской линии, так как яйцеклетка содержит хлоропласты в виде пропластид, спермий же пластид не содержит. Пластиды размножаются делением, но поскольку не все они содержат хлорофилл (в силу мутаций), растение получается пестролистным. У человека также встречается цитоплазматическое наследование признаков, например одна из форм несращения остистых отростков позвонков.

ТЕМА. Селекция растений, животных и микроорганизмов

Задачи современной селекции. Исходный материал. Понятие о центрах многообразия и происхождения культурных растений (Н. И. Вавилов). Селекция растений. Основные методы селекции: гибридизация и отбор. Формы искусственного отбора: массовый и индивидуальный. Искусственный и естественный отбор. Само-

опыление перекрестноопыляемых растений. Гетерозис. Полиплоидия и отдаленная гибридизация. Достижения селекции растений. Работы И. В. Мичурина и других советских селекционеров. Селекция животных. Приручение животных — первый этап селекции. Типы скрещивания и методы разведения. Метод анализа наследственно ценных производителей животных. Отдаленная гибридизация домашних животных. Роль селекции в сохранении видового разнообразия органического мира. Селекция микроорганизмов (бактерий, грибов, водорослей), значение ее для микробиологической промышленности (получение антибиотиков, ферментных препаратов, стимуляторов роста).

Задание 13

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 21.
- Проанализировать таблицы 52–54.
- Проверить свои знания по словарю.

Вопросы для самоконтроля

- Какая наука является теоретической основой селекции?
- Какие задачи ставит перед собой селекция растений и животных?
- Что такое сорт, порода, штамм?
- Что такое гибридизация?
- Чем отличается искусственный отбор от естественного?
- Чем отличается индивидуальный отбор от массового и в каких случаях они применяются?
- Применяется ли массовый отбор при разведении животных?
- Назовите полиплоидные культурные растения.
- Какие цели ставил в своих опытах по селекции плодовых культур И. В. Мичурин?
- Какие сорта плодовых растений вывел И. В. Мичурин?
- Каким образом преодолевал И. В. Мичурин нескрещиваемость растений?
- Каким образом И. В. Мичурин добивался усиления доминантности признаков у гибридов?
- Какую роль сыграли экспедиции, возглавляемые Н. И. Вавиловым, для селекции растений?
- Где расположены главнейшие центры видового многообразия культурных растений?

Таблица 52. Центры происхождения культурных растений (по Н. И. Вавилову)

Название центра	Географическое положение	Родина культурных растений
Южноазиатский тропический	Тропическая Индия, Индокитай, Южный Китай, о-ва Юго-Восточной Азии	Рис, сахарный тростник, огурец, баклажан, черный перец, цитрусовые и др. (50% культурных растений)
Восточноазиатский	Центральный и Восточный Китай, Япония, Корея, Тайвань	Соя, просо, гречиха, плодовые и овощные культуры — слива, вишня, редька и др. (20% культурных растений)
Юго-Западноазиатский	Малая Азия, Средняя Азия, Иран, Афганистан, Юго-Западная Индия	Мягкая пшеница, рожь, бобовые культуры, лен, конопля, репа, морковь, чеснок, виноград, абрикос, груша, дыня и др. (14% культурных растений)
Средиземноморский	Страны по берегам Средиземного моря	Капуста, сахарная свекла, маслины, клевер, чечевица и другие кормовые травы (11% культурных растений)
Абиссинский	Абиссинское нагорье Африки	Твердая пшеница, ячмень, кофе, сорго, бананы
Центральноамериканский	Южная Мексика	Кукуруза, длинноволокнистый хлопчатник, какао, тыква, табак
Андийский (Южноамериканский)	Южная Америка вдоль Западного побережья	Картофель, ананас, кокаиновый куст, хинное дерево

Таблица 53. Основные методы селекции

Методы	Селекция животных	Селекция растений
Подбор родительских пар	По хозяйственно ценным признакам и по экстерьеру (совокупности фенотипических признаков)	По месту их происхождения (географически удаленных) или генетически отдаленных (неродственных)
Гибридизация: а) неродственная (аутбридинг)	Скрещивание отдаленных пород, отличающихся контрастными признаками, для получения гетерозиготных популяций и проявления гетерозиса. Получается бесплодное потомство	Внутривидовое, межвидовое, межродовое скрещивание, ведущее к гетерозису, для получения гетерозиготных популяций, а также высокой продуктивности
б) близкородственная (инбридинг)	Скрещивание между близкими родственниками для получения гомозиготных (чистых) линий с желательными признаками	Самоопыление у перекрестноопыляющихся растений путем искусственного воздействия для получения гомозиготных (чистых) линий
Отбор: а) массовый	Не применяется	Применяется в отношении перекрестноопыляющихся растений
б) индивидуальный	Применяется жесткий индивидуальный отбор по хозяйственно ценным признакам, выносливости, экстерьеру	Применяется в отношении самоопыляющихся растений, выделяются чистые линии — потомство одной самоопыляющейся особи
Метод испытания производителей по потомству	Используют метод искусственного осеменения от лучших самцов-производителей, качества которых проверяют по многочисленному потомству	Не применяется
Экспериментальное получение полиплоидов	Не применяется	Применяется в генетике и селекции для получения более продуктивных, урожайных форм

Таблица 54. Методы селекционной работы И. В. Мичурина

Методы	Сущность метода	Примеры
Биологически отдаленная гибридизация:		
а) межвидовая	Скрещивание представителей разных видов для получения сортов с нужными свойствами	Вишня Владимирская × × черешня Винклера белая = вишня Краса севера (хороший вкус, зимостойкость)
б) межродовая	Скрещивание представителей разных родов для получения новых форм растений	Вишня × черемуха = церападус
Географически отдаленная гибридизация	Скрещивание представителей контрастных природных зон и географически отдаленных регионов с целью привить гибриду нужные качества (вкусовые, устойчивости)	Груша дикая уссурийская × × Бере рояль (Франция) = Бере зимняя Мичурина
Отбор	Многократный, жесткий: по размерам, форме, зимостойкости, иммунным свойствам, качеству, вкусу, цвету плодов и их лежкости	Продвинуто на север много сортов яблонь с хорошими вкусовыми качествами и высокой урожайностью
Метод ментора	Воспитание в гибридном сеянце желательных качеств (усиление доминирования), для чего сеянец прививается на растение-воспитатель, от которого эти качества хотят получить. Чем ментор старше, мощнее, длительнее действует, тем его влияние сильнее	Яблоня Китайка (подвой) × × гибрид (Китайка × Кандиль-синап) = Кандиль-синап (морозостойкий) Бельфлер-китайка (гибрид-подвой) × Китайка (привой) = Бельфлер-китайка (лежкий позднеспелый сорт)

Окончание табл. 54

Методы	Сущность метода	Примеры
Метод посредника	При отдаленной гибридизации для преодоления нескрещиваемости использование дикого вида в качестве посредника	Дикий монгольский миндаль × дикий персик Давида = миндаль Посредник Культурный персик × миндаль Посредник = гибридный персик (продвинут на север)
Воздействие условиями среды	При воспитании молодых гибридов обращалось внимание на метод хранения семян, характер и степень питания, воздействие низкими температурами, бедной питанием почвой, частыми пересадками	Закаливание гибридного сеянца. Отбор наиболее выносливых растений
Смешение пыльцы	Для преодоления межвидовой нескрещив аемости (несовместимости)	Смешивалась пыльца материнского растения с пыльцой отцовского, своя пыльцы раздражала рыльце, и оно воспринимало чужую пыльцу

Контрольная работа № 21

1. Какие способы размножения свойственны животным (половое, бесполое, вегетативное); растениям (половое, бесполое, вегетативное)?

2. Какие формы искусственного отбора применяют в селекции животных (массовый, индивидуальный)?

3. При каком скрещивании возникает инбредная депрессия (близкородственное, неродственное)?

4. Для каких целей осуществляют близкородственное скрещивание (получение чистой породы, усиление доминантности признака, усиление жизненной силы)?

5. В чем выражается гетерозис (увеличение продуктивности гибрида, усиление плодовитости гибрида, получение новой породы или сорта)?

6. Как размножаются гетерозисные гибриды у растений (вегетативно, половым путем, не размножаются); у животных (вегетативно, половым путем, не размножаются)?
7. У каких организмов встречается полиплоидия (растения, животные, человек)?
8. Являются ли триплоидные клетки эндосперма зерновки злака полиплоидными (да, нет)?
9. С какой целью применяют в селекции растений метод ментора (акклиматизация, закаливание, усиление доминантности признака, воздействие условиями среды)?
10. Применяют ли в селекции животных метод ментора (да, нет)?
11. Какое значение для селекции растений имеет знание центров происхождения культурных растений (подбор исходного материала, изучение болезней и вредителей, предвидение результатов гибридизации, изучение многообразия мутаций)?

Словарь основных терминов и понятий

Апомиксис (греч. «апо» — вдали, «миксис» — смешение) — размножение организмов, происходящее без оплодотворения яйцеклетки спермием (сперматозоидом). Новый организм возникает за счет развития неоплодотворенной яйцеклетки, а спермий выполняет лишь стимулирующую роль. В яйцеклетке в интерфазе удваиваются хромосомы, и из нее развивается нормальный диплоидный организм. При других формах апомиксиса новый организм образуется из любой диплоидной клетки растения. В селекции явление апомиксиса используется для получения чистых линий, не дающих расщепления. В природных популяциях апомиксис наиболее часто встречается у представителей молодого и высокоорганизованного семейства астровых (сложноцветных), а также у злаковых, розоцветных, орхидных. Апомиксис в форме партеногенеза встречается и у животных — тлей, дафний, коловраток, пчел.

Аутбридинг (англ. «аут» — вне, «бридинг» — разведение) — неродственное скрещивание растений или животных, относящихся к разным линиям внутри породы или сорта, к разным сортам или породам и, наконец, к разным видам или родам. Аутбридинг переводит вредные мутации в гетерозиготное состояние, тем самым оказывая на организм положительное влияние. Нередко аутбридинг сопровождается явлением гетерозиса. Большинство сортов и пород получено в результате многоступенчатого скрещивания, которое длится по нескольку лет.

Аутосомы — неполовые хромосомы, одинаковые у организмов мужского и женского пола. В геноме человека 22 аутосомы и одна половая хромосома. Все 22 аутосомы различаются, но их можно объединить в 7 групп по форме и размерам. Каждая хромосома имеет свой номер и свою карту, на которую нанесены известные науке гены. Общая карта хромосом с учетом особенностей каждой (форма, размер, положение центромер и т. д.) составляет кариотип клетки — совокупность признаков хромосомного набора.

Вектор — инструмент генной инженерии, с помощью которого осуществляют перенос какого-либо гена в клетку-хозяина. Представляет собой плазмиду или вирус (т. е. по химическому составу является фрагментом ДНК), в геном которых можно внедрить чужеродную генетическую информацию. Рекомбинантная ДНК, внедряемая в клетку-хозяина, представляет собой структурный ген, т. е. содержит только кодированную запись конечного продукта. Она не может самостоятельно функционировать, поскольку не содержит регуляторных участков (участков, обеспечивающих начало репликации; генетических маркеров, необходимых для отбора клеток, получивших новый признак; регуляторных участков, необходимых для транскрипции и трансляции). Эти регуляторные участки как раз и несет вектор. Он обеспечивает протекание следующих процессов:

— встраивание рекомбинантной ДНК в генетический аппарат клетки-хозяина;

— размножение рекомбинантной ДНК в этой клетке;

— синтез клеткой-хозяином конечных продуктов на основе генетической информации рекомбинантной ДНК.

В качестве векторов используют в основном плазмиды, выделенные из классического объекта молекулярной генетики — кишечной палочки. Система вектор—хозяин не может быть произвольной: вектор подгоняется к клетке-хозяину, его выбор зависит от вида хозяина и целей исследования.

Генная (генетическая) инженерия — совокупность методов молекулярной генетики, связанных с искусственным созданием новых комбинаций генетического материала, способного размножаться в клетке-хозяине и синтезировать конечные продукты обмена. Берет начало с 1972 г., когда в США была впервые создана рекомбинантная (гибридная) ДНК, состоящая из фрагментов ДНК, выделенных из клеток различных организмов. За-

дача этих методов состоит в получении индивидуальных генов и введение их в новое генетическое окружение для создания организмов с новыми, заранее предопределенными признаками. Основные этапы создания генетически измененных организмов следующие:

— получение гена, кодирующего интересующий признак;
— объединение этого гена с вектором;
— введение вектора с интересующим геном в клетку-хозяина (клетку-реципиент) и создание условий для работы гена и его наследования;
— отбор клеток, получивших интересующий признак;
— практическое использование этих клеток.

На базе методов генной инженерии в настоящее время уже сформировалась отрасль фармацевтической промышленности, вырабатывающей биологически активные вещества и препараты: инсулин, интерферон, некоторые ферменты и пептидные гормоны. Разрабатываются методы, позволяющие культивировать гены больных и здоровых людей в клетках других организмов. Это позволит изучать молекулярные основы наследственных заболеваний человека и разрабатывать новые методы их лечения.

Гетерозис (греч. «гетерозис» — видоизменение, превращение) — явление мощного развития гибридов первого поколения, полученных при скрещивании инбредных (чистых) линий, одна из которых гомозиготна по доминантным, другая — по рецессивным генам. Этот прием применяется для получения как животных гибридов (мул, лошак, цыплята-бройлеры, рыба бестер), так и растительных гибридов (длинноплодные тепличные огурцы, крупнозерная кукуруза). У растений при семенном размножении гетерозисные гибриды дают расщепление; при вегетативном — в течение нескольких поколений сохраняют свои свойства. У полиплоидных форм гибридов гетерозис сохраняется и при семенном размножении.

Дестабилизирующий отбор — форма искусственного отбора, примененная советским ученым Д. К. Беляевым (1970) при одомашнивании диких пушных зверей (серебристо-черных лисиц, норок). На опытных фермах наблюдалось, что 40% лисиц были агрессивно-трусливые, 20 — трусливые, 30 — агрессивные и лишь 10% относились к человеку спокойно. Это наиболее распространенное соотношение в популяциях диких животных. Применяя закон гомологических рядов наследственной изменчивости, Д. К. Беляев выбрал среди лисиц, разводимых на фер-

мах, особей, которые не проявляли к человеку ни злобы, ни трусливости, и провел жесткий отбор по признаку спокойного и контактного поведения по отношению к человеку. При этом в поведении лисиц он выявил ряд признаков изменчивости, гомологичных домашним животным (собакам). Особи полученной популяции лисиц реагировали на клички, узнавали знакомого человека, проявляли радость от контакта с ним. Это результат не дрессировки, а селекции, целенаправленного изменения генотипа. Селекция диких животных на тип поведения, свойственный домашним животным, перестраивает регуляцию процессов индивидуального развития, и этот путь развития прошли все домашние животные. Селекционер вносит дестабилизацию (нарушение постоянства) в развитие и строение животных, вызывая увеличение размаха изменчивости, что дает новые направления для отбора и ускоряет темпы эволюции.

Инбридинг — инцухт (англ. «ин» — внутри, «бридинг» — разведение, «разведение в себе») — один из методов селекции, при котором осуществляется близкородственное скрещивание сельскохозяйственных животных или принудительное самоопыление у перекрестноопыляющихся растений. В результате наблюдается инбредная депрессия — снижение жизнеспособности и продуктивности, проявление уродств вследствие перехода многих рецессивных генов в гомозиготное состояние. Получение инбредных линий необходимо для закрепления признаков и свойств у чистопородных животных и чистосортных растений. Эти линии используются затем для получения межлинейных гетерозисных гибридов.

Индивидуальный отбор — прием искусственного отбора, который проводится на основе индивидуальной наследственной изменчивости особи. В селекции животных применяют жесткий индивидуальный отбор по хозяйственно ценным признакам, выносливости, экстерьеру. В селекции растений индивидуальный отбор используют при работе с самоопыляющимися растениями, при этом выделяются чистые линии — потомство одной самоопыляющейся особи. Благодаря индивидуальному отбору от одного вида дикого сизого голубя выведено около 150 пород домашних голубей; от одного вида собаки получено все разнообразие пород. Большинство сортов пшеницы, ячменя, овса было получено методом индивидуального отбора.

Индуцированные мутации (лат. «индукцио» — возбуждение, «мутацио» — изменение) — искусственно вызванные при помо-

щи мутагенных факторов (облучение, радиация, химические вещества, низкие температуры и др.) изменения генотипа. Индуцированные мутации возникают во много раз чаще, чем естественные (спонтанные), и в ряде случаев носят направленный характер, например при получении полиплоидных форм растений. Такие растения могут иметь более крупные цветки, корнеплоды, семена и т. д.

Индуцированный мутагенез (лат. «индукцио» — возбуждение, «мутацио» — изменение, «генезис» — рождение) — метод получения искусственных мутаций для создания исходного материала при селекции растений. Под воздействием различных мутагенных факторов, применяемых человеком, возникают различные изменения генотипа, что дает возможность получить сорта с новыми признаками и свойствами, не имевшимися у исходных форм. При работе с высшими растениями воздействию мутагена подвергают семена, почки, пыльцу. В этом случае мутации проявляются уже у растений второго поколения. Методом индуцированного мутагенеза получен кормовой люпин Киевский мутант, пшеница Новосибирская 67, короткостебельные неполегающие мироновские пшеницы, пшеницы с высоким содержанием белка в зерне, подсолнечник Первенец и др. Путем воздействия веществом колхицином созданы полиплоидные сорта клевера, ржи, гречихи, кукурузы, свеклы, многих декоративных растений.

Искусственный отбор — метод селекции, осуществляемый человеком с целью создания пород животных и сортов растений. В основе метода лежит мутационная изменчивость организмов. Селекционер отбирает особей с выгодными признаками и отбраковывает остальных. Породы и сорта, созданные путем искусственного отбора, могут существовать только благодаря заботам человека, в дикой природе они погибнут. Искусственный отбор может быть как стихийным (бессознательным), так и методическим (массовым или индивидуальным). В учении Ч. Дарвина об искусственном отборе обобщена тысячелетняя практика человека, и это учение стало теоретической основой современной селекции.

Клеточная инженерия — система методов, позволяющая конструировать клетки нового типа на основе их культивирования, гибридизации и реконструкции. При гибридизации искусственно объединяют целые клетки с образованием гибридного генома. В ходе клеточной реконструкции новая жизнеспособная

клетка создается из отдельных фрагментов различных клеток (ядра, цитоплазмы и др.). С помощью клеточной инженерии удается соединить геномы весьма далеких видов (даже принадлежащих к различным царствам), а также осуществить слияние животной и растительной клетки. Методы культуры тканей дают возможность получать гаплоидные растения из пыльцевых зерен или яйцеклеток. Такие растения не способны образовывать гаметы, однако обработка этих растений колхицином дает возможность получать диплоидные плодовитые растения. Полученные диплоидные растения будут являться чистыми линиями и будут гомозиготны по всем без исключения генам. Такой способ позволяет получать чистые линии всего за несколько месяцев (вместо нескольких лет при традиционном способе путем инбридинга). Вегетативное размножение на искусственных питательных средах позволяет почти бесконечно размножать одно растение из маленьких кусочков вегетативных органов. Такой метод размножения применяется для овощных, плодовых и декоративных культур. Изучение гибридных клеток позволяет решать многие теоретические проблемы биологии и медицины: выяснять взаимные влияния ядра и цитоплазмы, механизмы дифференцировки и деления клеток. Такие клетки, приобретшие новые свойства, становятся производителями ценных лекарственных веществ и витаминов. Из гибридных клеток можно выращивать растения с новыми свойствами, объединяющие признаки растений разных видов, которые обычно не скрещиваются между собой. Методы клеточной инженерии позволяют вводить новые гены в клетки зародыша животных и получать таким образом животных с новыми генетическими свойствами.

Линия — потомство одной самоопыляющейся (самоопыленной) особи у растений; потомство от близкородственного скрещивания у животных. Линия создается путем инбридинга и имеет большинство генов в гомозиготном состоянии.

Массовый отбор — прием искусственного отбора, сводящийся к выделению из исходного материала целой группы особей, которые обладают желательными для селекционера признаками. Прием применяется в селекции перекрестноопыляющихся растений. Таким образом был выведен сорт ржи Вятка, многие сорта клевера.

Метод предварительного вегетативного сближения — применялся И. В. Мичуриным для преодоления нескрещиваемости (несовместимости) растений. Для этого сначала прививали одно растение на другое, а затем переопыляли их цветки. В результа-

те были получены семена гибрида между рябиной и грушей. Впоследствии этот метод был применен для получения гибридов между пшеницей и рожью (тритикале).

Методический отбор — прием искусственного отбора, который сознательно проводится человеком для выведения пород домашних животных и сортов культурных растений с заданными качествами. Чем больше особей животных и растений подлежат отбору, что возможно в крупных хозяйствах, тем быстрее и легче идет выведение новой породы (сорта), так как больше вероятность выбрать экземпляры с желательными отклонениями (мутациями).

Мутагенез (лат. «мутацио» — изменение, перемена; «генос» — образующий) — процесс возникновения мутаций в организме. Может быть спонтанным (самопроизвольным) и индуцированным (вызванным искусственно различными мутагенами). Так, путем искусственного мутагенеза был создан сибирский сорт пшеницы Новосибирская 67; мутагеном послужили рентгеновские лучи. Мутагенез широко применяется в создании штаммов микроорганизмов — дрожжей, водорослей, бактерий, которые являются источником получения кормов, витаминов, лекарств.

Отдаленная гибридизация — скрещивание особей, генетически отдаленных (неродственных), являющихся представителями разных видов, родов. С помощью этого метода селекции создан капустно-редечный гибрид, тритикале (гибрид пшеницы и ржи), пшенично-пырейный гибрид, церападус (гибрид вишни и черемухи) и др. У животных таким образом получают мулов (гибрид кобылицы и осла), гибрид яка с крупным рогатым скотом (хайнык), гибрид тонкорунных овец с горным бараном архаром — архаромериносная порода овец; в рыбоводстве получен межродовой гибрид бестер (гибрид белуги и стерляди), который в результате гетерозиса обладает высокими темпами роста и прекрасными вкусовыми качествами.

Подвой — растение, на которое производится прививка.

Порода — совокупность особей (популяция) домашних животных одного вида, искусственно созданная человеком и характеризующаяся определенными наследственными особенностями, наследственно закрепленной продуктивностью, экстерьером (совокупностью фенотипических признаков). Порода проявляет свои признаки в фенотипе лишь в тех условиях, для которых она создана. Породы сельскохозяйственных животных выводят в племенных хозяйствах.

Преодоление бесплодия гибридов — прием, впервые примененный в 1924 г. генетиком Г. Д. Карпеченко при отдаленной гибридизации. Полученный им капустно-редечный гибрид был способен к семенному размножению. Для преодоления бесплодия гибрида наборы хромосом у обеих родительских пар были удвоены, поэтому после мейоза гаметы имели четное число хромосом, а в зиготе у каждой хромосомы была парная; все «капустные» хромосомы образовывали свои пары, все «редечные» —свои. При образовании гамет у гибридов первого поколения мейоз прошел нормально. Последующие поколения не расщеплялись и сохраняли способность к семенному размножению. Следовательно, использование полиплоидии привело к восстановлению плодовитости. Этот метод широко применяется при отдаленной гибридизации.

Привой — черенок растения или почка, которые прививаются на подвой.

Производитель — самец, обладающий ценными хозяйственными признаками, по которым ведется селекция. Основные племенные качества производителя — экстерьер и продуктивность. Племенные качества определяются по родословной, ведущейся на каждое животное. Продуктивность оценивается по потомству. Племенная ценность производителя определяется продуктивностью его дочерей. Например, если они обладают более высокой удойностью, жирностью молока по сравнению с такими же качествами матерей, значит, эти качества они получили от отца. Подобный производитель используется для улучшения породы. Благодаря искусственному осеменению от племенных животных можно получать многочисленное потомство.

Разведение сельскохозяйственных животных: донаучный период — народная селекция; с XIX в. — сознательный методический отбор. Главные методы: чистопородное разведение, скрещивание (отдаленное и близкородственное), интенсивное племенное использование, искусственное осеменение, оценка генеалогии животных, крупномасштабная селекция, прогнозирование продуктивности на ранних этапах онтогенеза, повышение устойчивости к заболеваниям, генная инженерия и др.

Селекция (лат. «селекцио» — отбор, выбор) — наука, разрабатывающая теорию и методы выведения и улучшения пород животных, сортов растений и штаммов микроорганизмов. Селекция — это эволюция, направляемая волей человека. Теоретическими основами селекции служат эволюционная теория, генетика, молекулярная биология, экология, экономика, география сельского хозяйст-

ва. Большой вклад в развитие селекции в нашей стране внесли такие выдающиеся ученые, как Н. И. Вавилов, И. В. Мичурин, Г. Д. Карпеченко, Н. В. Цицин, П. П. Лукьяненко, В. С. Пустовойт, В.Н. Ремесло, М. Ф. Иванов, С. И. Алиханян, Д. К. Беляев.

Селекция животных — наука, основной задачей которой является выведение пород домашних животных, обладающих высокой продуктивностью, жизнеспособностью, устойчивостью к болезням и неблагоприятным условиям среды. Основные методы ее — подбор родительских пар, гибридизация (как близкородственная, так и неродственная), индивидуальный отбор, испытания производителей по потомству, воздействие условиями среды для реализации в фенотипе наследственных свойств и признаков.

Селекция растений — наука, основные задачи которой сводятся к выведению сортов сельскохозяйственных культур, характеризующихся высокой продуктивностью и качеством урожая, устойчивостью к болезням, вредителям и неблагоприятным условиям окружающей среды. Основные методы ее — подбор родительских пар, гибридизация, отбор, мутагенез, воздействие условиями среды.

Сорт — совокупность особей (популяция) культурных растений одного вида, искусственно созданная человеком и характеризующаяся определенными наследственными особенностями, наследственно закрепленной продуктивностью, структурными (морфологическими) признаками. Сорт фенотипически проявляет свои признаки лишь в тех условиях, для которых он был создан. Сорта культурных растений выводят в селекционных центрах, на селекционных станциях и испытывают на сортоиспытательных участках. У культурных растений сорта получают разными путями. Линейные сорта — это потомство одного самоопыляющегося растения, полученное путем индивидуального отбора. Растения этих сортов выравнены по всем признакам. Сорта-клоны представляют собой потомство одного вегетативного размноженного растения, поэтому генетически они наиболее однородны. Сорта-популяции — это относительно однородные совокупности перекрестноопыляющихся растений одного вида.

Стихийный отбор — прием искусственного отбора, который проводился человеком с древнейших времен, когда он не ставил перед собой задачу вывести породу или сорт с наперед заданными качествами. Человек находил в природной среде диких животных, приручал их и получал от них все необходимое для жизни. Дикорастущие растения высаживал или высевал, получал

плоды, семена, съедобные корни и побеги. Исходя из практического опыта, он отбирал для посева лучшие семена, а на племя оставлял лучших животных. Постепенно, очень медленно шло улучшение хозяйственных качеств домашних животных и возделываемых растений. По мере развития земледелия и животноводства стихийный отбор приобрел сознательный характер и развилась **народная селекция**.

Центры происхождения культурных растений — районы сосредоточения наибольшего числа видов, разновидностей, сортов, форм тех или иных культурных растений. Согласно закономерности, выявленной Н. И. Вавиловым в 1926–1939 гг., центры происхождения культурных растений находятся в тех районах земного шара, где в настоящее время наблюдается их наибольшее генетическое разнообразие. Как правило, эти центры связаны с древнейшими очагами мировой цивилизации и земледелия. В зависимости от дробности подразделения территории обычно выделяются семь-восемь таких очагов. Знание центров происхождения культурных растений дает возможность селекционерам подбирать исходный материал, изучать гомологические ряды наследственной изменчивости, выявлять пути эволюции. В настоящее время установлены и главные центры происхождения домашних животных.

Экспериментальная полиплоидия — метод селекции растений, применяемый для получения полиплоидных форм с помощью индуцированного мутагенеза. Обычно в качестве мутагена используют ядовитое вещество колхицин, которое получают из растения безвременника (по-латыни «колхикум»), относящегося к семейству лилейных. Колхицин разрушает веретено деления, и хромосомы не расходятся к полюсам клетки, а остаются на экваторе. В интерфазе хромосомы удваиваются, и клетка из диплоидной становится тетраплоидной. Полиплоидные растения имеют более крупные клетки, а следовательно, и органы — корни, стебли, листья, цветки, семена, плоды. Но у таких растений часто снижена семенная продуктивность, поэтому при дальнейшей селекции требуется тщательный отбор.

Экстерьер (лат. «экстериор» — внешний) — внешний вид животного, совокупность его фенотипических признаков. Отбор по экстерьеру играет важную роль в селекции животных, так как внешнее строение связано с признаками продуктивности, определяемой, в свою очередь, внутренним строением, развитием кровеносной, дыхательной и мышечной систем.

Часть вторая
РАЗНООБРАЗИЕ ЖИВОЙ ПРИРОДЫ

ТЕМА. Царство Предклеточные. Вирусы

Вирусы, особенности их строения и жизнедеятельности

Общие указания. В переводе на русский язык «вирус» означает яд. Открыты вирусы в 1892 г. русским ученым Д. И. Ивановским на объекте «вирус табачной мозаики». Они представляют собой переходную группу между живой и неживой природой. Вирус состоит из генетического материала — молекулы ДНК или РНК, покрытого белковой оболочкой — капсидом; у некоторых встречается липопротеидная мембрана и аппарат прикрепления. Вирусы наносят огромный вред, вызывая болезни растений (вирус табачной мозаики, мозаики огурцов, желтухи свеклы, бронзовости томатов и др.). Животных и человека поражают около 300 форм вирусов. Такие болезни человека, как грипп, полиомиелит, корь, оспа, вызываются вирусами. Группа вирусов, поражающих бактерии, называется бактериофагами (пожиратели бактерий); они открыты в 1915 г. Ф. Туортом. Эти вирусы, обитающие в кишечнике человека и животных, полезны, так как поражают бактерии, вызывающие дизентерию. Их применяли для лечения брюшного тифа, холеры. Вред, приносимый вирусами, заключается в том, что их генетический материал — ДНК или РНК, попав в клетку организма-хозяина, начинает синтезировать собственные иРНК и белки. Все структуры клетки-хозяина подавляются, а размножившийся вирус переходит в соседние клетки, что приводит к развитию заболевания. Однако если организм обладает хорошим иммуннитетом, то он способен бороться с вирусами, начиная с момента проникновения их через клеточную мембрану (плазмалемму) или путем защитной реакции (образование интерферона).

Задание 14

- Повторить учебный материал.
- Выполнить контрольную работу № 22.
- Проанализировать схему 25 и таблицу 55.
- По словарю (с. 350) проверить свои знания.

Контрольная работа № 22

1. Вирусы — это (примитивные бактерии; доклеточные формы жизни; древнейшие эукариоты).

2. Обязательными компонентами любого вируса являются (нуклеиновые кислоты, липиды, полисахариды, белки).

3. Вирусы размножаются (самостоятельно вне клетки хозяина, только в клетке хозяина, обоими способами).

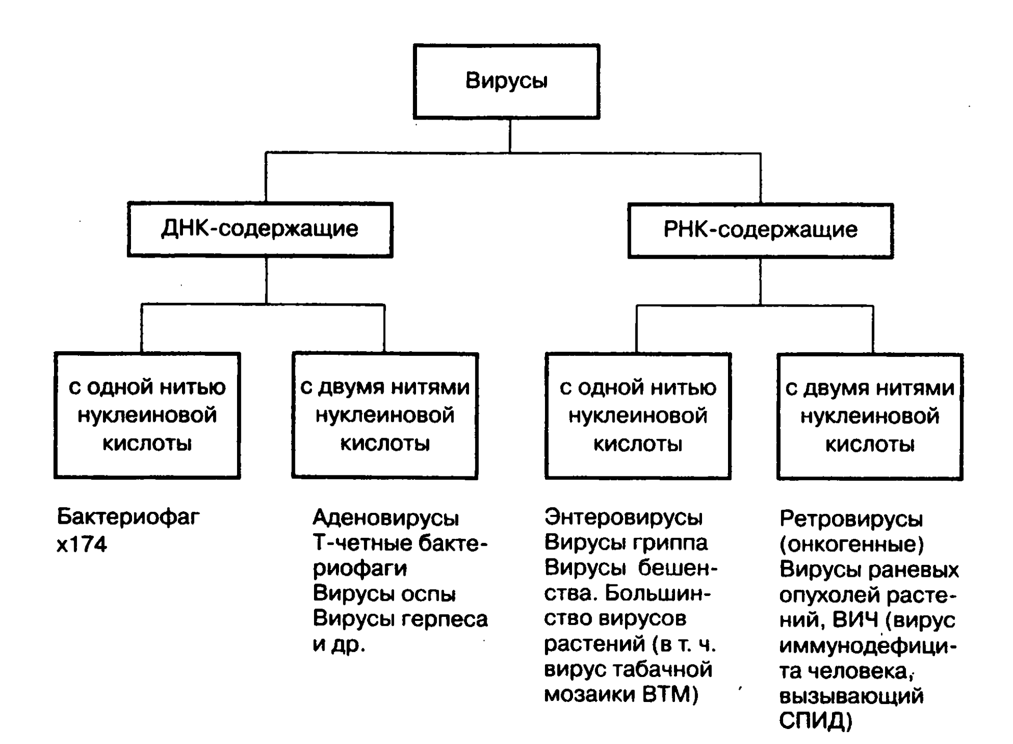
4. Инфекционным началом вируса является (белок его капсида, ферменты, нуклеиновая кислота, липидная мембрана).

5. Любой вирус содержит (только ДНК, только РНК, нуклеиновую кислоту одного из двух типов, нуклеиновые кислоты обоих типов одновременно).

6. Синтез вирусного белка осуществляется (на рибосомах клетки, на собственных рибосомах вируса).

7. Вирусами вызываются следующие болезни человека (корь, грипп, ангина, сибирская язва, краснуха, чума, холера, СПИД, дифтерия, бешенство).

Схема 25



Отличие вирусов от клетки:

— вирусы никогда не размножаются делением;
— в своем составе вирусы имеют только один тип нуклеиновой кислоты (либо только ДНК, либо только РНК);
— вирусы никогда не размножаются вне клетки хозяина.

Стадии размножения (репродукции) вирусов

1. Адсорбция — процесс прикрепления вирусных частиц к поверхности клетки.
2. Инъекция — проникновение вирусной частицы в клетку и высвобождение вирусной нуклеиновой кислоты из белкового капсида (у бактериофагов — введение в клетку вирусной нуклеиновой кислоты).
3. Репликация молекул вирусной нуклеиновой кислоты — происходит за счет нуклеотидов, содержащихся в клетке.
4. Синтез вирусных белков (белков капсида и ферментов) — происходит на рибосомах клетки.
5. Сборка вирусных частиц — осуществляется из синтезированных пораженной клеткой вирусных нуклеиновых кислот и вирусных белков.
6. Выход вирусных частиц из пораженной клетки. У бактерий часто сопровождается лизисом (разрушением) клетки, у эукариот происходит путем выпячивания оболочки клетки и «выталкивания» вирусных частиц в окружающую среду.

Новые частицы вируса, очутившись в окружающей среде, заражают новые клетки, и цикл развития вируса повторяется снова.

Таблица 55. Болезни, опасные для человека

Вызываемые вирусами	Вызываемые бактериями
Бешенство	Брюшной тиф
Ветряная оспа	Бутулизм
Гепатит	Газовая гангрена
Грипп	Дизентерия
Корь	Дифтерия
Краснуха	Коклюш
Некоторые злокачественные (раковые) опухоли (ретро- и аденовирусные)	Пневмония
	Сибирская язва

Окончание табл. 55

Вызываемые вирусами	Вызываемые бактериями
Оспа	Столбняк
Острые респираторные заболевания (аденовирусные)	Туберкулез
Паротит (свинка)	Туляремия
Полиомиелит	Холера
СПИД	Чума
Энцефалит	
Ящур	

ТЕМА. Царство Предъядерные. Бактерии

Строение и жизнедеятельность бактерий. Размножение бактерий. Распространение бактерий в воздухе, почве, воде, живых организмах. Роль бактерий в природе, медицине, сельском хозяйстве и промышленности. Болезнетворные бактерии и борьба с ними.

Задание 15

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 23.
- Проанализировать таблицу 56.
- По словарю (с. 350) проверить знание терминов.

Вопросы для самоконтроля

- Каково строение тела бактерий?
- Какие организмы называют автотрофными, гетеротрофными, симбиотическими?
- В чем различие фототрофных и хемотрофных организмов по способу питания?
- Чем отличается питание сапротрофных организмов от паразитических?
- Какие организмы не имеют сформированного ядра в клетке?
- Каковы особенности дробления как способа размножения?
- Как и насколько интенсивно размножаются бактерии?

- В чем заключается пастеризация и стерилизация как меры борьбы с бактериями? Что такое антибиотики?
- Чем отличается процесс аэробного дыхания от анаэробного?
- Какова роль гнилостных бактерий в природе и хозяйстве человека?
- При каких условиях бактерии гниения не наносят вреда?
- Для чего квасят и маринуют фрукты, овощи, готовят силос?
- Что такое симбиоз?
- Каким образом клубеньковые бактерии переводят азот воздуха в доступные для растений соединения?
- Чем обусловлено довольно широкое распространение бактерий в природе?
- На каком пути эволюционного развития находятся бактерии в настоящее время?

Контрольная работа № 23

1. Каково строение тела бактерий (многоклеточное, одноклеточное, колониальное)?
2. Какие органеллы имеются в клетках бактерий (ядро, цитоплазма, пластиды, митохондрии, рибосомы)?
3. Как питаются гнилостные бактерии (паразитически, сапротрофно)?
4. Какие бактерии являются автотрофными (бактерии молочнокислого брожения, болезнетворные, азотобактерии, серобактерии)?
5. Какие способы размножения характерны для бактерий (вегетативный, половой, бесполый)?
6. Какое дыхание характерно для бактерий брожения (кислородное, бескислородное)?
7. Какие бактерии выполняют роль санитаров (бактерии уксуснокислого брожения, гниения, железобактерии, болезнетворные)?
8. Какие бактерии живут в симбиозе с бобовыми растениями (бактерии гниения, серобактерии, клубеньковые)?
9. Какие бактерии используют для жизнедеятельности энергию химических связей неорганических веществ (паразитические, сапротрофные, фототрофные, хемотрофные)?
10. Благодаря чему бактерии живут в самых неблагоприятных (экстремальных) условиях существования (высокая способность к размножению, упрощенная организация структуры белка, примитивное строение тела, совершенство организации)?
11. Какими организмами являются бактерии с точки зрения эволюции (примитивные, высокоорганизованные)?

Таблица 56. Отдел бактерии

СТРОЕНИЕ ТЕЛА	СТРОЕНИЕ КЛЕТКИ
Одноклеточное. Форма: шаровидная (кокки), палочковидная (бациллы), спиралевидная (спириллы), изогнутая (вибрионы). Некоторые клетки имеют один или несколько жгутиков — это подвижные бактерии. Встречаются и колониальные формы	Прокариотическое: нет оформленного ядра, митохондрий, пластид. В центре цитоплазмы — нуклеоид, содержащий одну «хромосому» с кольцевой молекулой ДНК; мембраной от цитоплазмы не отделен. Внутри клетки выросты мембраны выполняют функции ЭПС, аппарата Гольджи; мезосома участвует в дыхании; имеются рибосомы. Цитоплазма покрыта наружной мембраной и плотной клеточной стенкой. Иногда клетка погружена в полужидкую коллоидную капсулу
РАЗМНОЖЕНИЕ	**СРЕДА ОБИТАНИЯ**
Деление клетки по типу дробления, без прохождения фаз митоза — равновеликое бинарное поперечное деление. Сначала делится нуклеоид, затем цитоплазма. В расхождении нуклеоидов участвует мезосома. Скорость размножения зависит от внешней среды — при благоприятных условиях деление происходит каждые 20–30 мин. Половой процесс — конъюгация, наблюдается у кишечной палочки. Споры у бактерий служат не для размножения, а для перенесения неблагоприятных условий, так как они защищены толстыми оболочками	*В воздухе*: бактерии поднимаются в верхние слои биосферы до 30 км и больше над промышленными городами, меньше в сельской местности. По воздуху распространяются возбудители ангины, скарлатины, туберкулеза. *В почве*: больше всего бактерий сосредоточено в окультуренном черноземе: в 1 г почвы 2,5–3 млрд. Играют большую роль в почвообразовании (азотобактерии, нитрифицирующие бактерии, гнилостные). *В воде*: в поверхностных слоях воды открытых водоемов, особенно в черте города и пригородов. Служат источниками инфекционных болезней (дизентерия, холера, бруцеллез). Полезные водные бактерии минерализуют органические остатки. *В живых организмах*: бактерии бывают болезнетворными и симбиотическими. Болезнетворные попадают в организм из внешней среды, но лишь в благоприятных для них условиях вызывают заболевание. Симбиотические живут в органах пищеварения, помогая расщеплять и усваивать пищу, синтезируют витамины

Окончание табл. 56

ПРЕДСТАВИТЕЛИ	ЗНАЧЕНИЕ В ПРИРОДЕ И ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА
Бактерии молочнокислого брожения (гетеротрофные сапротрофы), расщепляющие углеводы	*Положительное:* приготовление молочнокислых продуктов (творог, простокваша, масло, сметана), силосование кормов, закваска капусты, засолка огурцов и помидоров. *Отрицательное*: порча продуктов
Бактерии уксуснокислого брожения (гетеротрофные сапротрофы), расщепляющие углеводы	*Положительное*: окисление спирта в уксусную кислоту, которая применяется для маринования, консервирования плодов и овощей. *Отрицательное*: порча продуктов
Бактерии гнилостные (гетеротрофные сапротрофы), расщепляющие белки	*Положительное*: санитарная роль — минерализация органических остатков. *Отрицательное*: порча продуктов; во избежание гниения применяют сушку, соление, маринование, стерилизацию, пастеризацию, засахаривание
Бактерии болезнетворные (гетеротрофные паразиты)	Вызывают инфекционные заболевания человека, животных. Для борьбы с ними применяют антибиотики, бактериофаги, прививки, а также организуют профилактическую работу по ликвидации очагов заражения, закаливают организм, соблюдают правила санитарии и гигиены организма
Бактерии клубеньковые (гетеротрофные симбионты)	Клубеньковые бактерии ризобиум проникают в корни бобовых растений (клевер, люпин, люцерна и др.) и вступают с ними в симбиоз. В результате на корнях образуются опухоли — клубеньки, заполненные бактериями, которые из атмосферного азота синтезируют азотистые соединения, доступные как растению-хозяину, так и другим растениям. Это природное обогащение почвы азотными удобрениями учитывается при составлении полевых севооборотов, куда обязательно включают бобовые растения

Раздел IV. НАДЦАРСТВО ЯДЕРНЫЕ ОРГАНИЗМЫ

ЦАРСТВО ГРИБЫ

ТЕМА. Грибы

Общая характеристика грибов. Шляпочные грибы, их строение, питание, размножение. Условия жизни грибов в лесу. Съедобные и ядовитые грибы. Плесневые грибы. Дрожжи. Грибы-паразиты, вызывающие болезни растений. Роль грибов в природе и хозяйстве.

Задание 16

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 24.
- Проанализировать таблицы 57, 58.
- Проанализировать циклы развития грибов по схемам 26–30.
- По словарю (с. 350) проверить знания терминов.

Вопросы для самоконтроля

- К каким организмам по типу строения тела и способу питания относят грибы?
- Какие органеллы характерны для клеток грибов?
- Какие признаки делают грибы похожими на животные организмы?
- Какие грибы имеют одноклеточное строение, какие имеют грибницу без плодового тела, какие имеют и грибницу, и плодовое тело?
- Где у различных грибов образуются споры?
- Как размножаются грибы вегетативно?
- Чем размножаются грибы при бесполом способе?
- Почему дрожжи называют сахарными грибами?
- Что такое почкование дрожжей и когда оно происходит?
- Что общего между мукором и пенициллом?
- Что такое антибиотики и из чего их получают?
- Что называют грибокорнем — микоризой и каково его значение?
- Каково значение трутовика и опенка в лесном хозяйстве?
- Какой вред сельскому хозяйству наносят грибы-паразиты?
- Каковы приспособления у грибов-паразитов к размножению?
- Каковы меры борьбы с паразитическими грибами?

Контрольная работа № 24

1. Какие органеллы входят в состав клетки грибов (ядро, цитоплазма, хлоропласты, хроматофоры, митохондрии)?
2. Каковы типы строения тела грибов (одноклеточный, доклеточный, неклеточная грибница, многоклеточная грибница)?

3. Какие способы питания характерны для грибов (фототрофный, хемотрофный, сапротрофный, паразитический)?
4. К какой группе грибов относится пеницилл (съедобные, ядовитые, плесени, паразиты)?
5. Имеется ли плодовое тело у плесневого гриба мукора (да, нет)?
6. Что представляет собой плодовое тело подосиновика (грибница, шляпка на ножке)?
7. У какого гриба споры образуются на пластинках плодового тела (дрожжи, трутовик, сыроежка, пеницилл)?
8. Какие грибы живут в симбиозе с корнями деревьев (дрожжи, спорынья, трутовик, подберезовик)?
9. Почему большинство съедобных грибов не культивируется (неподходящая почва, нет корней нужных деревьев, не выработана агротехника)?
10. На какой стадии жизненного цикла переносит зимний период гриб спорынья (грибница, споры, рожки)?
11. Где образуются споры у гриба-паразита пыльной головни (на листьях злака, на соцветии злака, на плодовом теле гриба)?
12. Каковы меры борьбы с грибами — паразитами сельскохозяйственных растений (химическая обработка, селекция устойчивых сортов, посев незараженными семенами, удаление сорняков)?
13. В чем состоит вред от грибов-паразитов (уменьшение урожая, ядовитые свойства, плохая сохранность урожая)?

Экология грибов

Древние гетеротрофные организмы, занимающие особое место в общей системе живой природы. Они могут быть как микроскопически малыми, так и достигать нескольких метров. Поселяются на растениях, животных, человеке или на мертвых органических остатках, на корнях деревьев и трав. Их роль в биоценозах и агроценозах велика и разнообразна. В цепи питания они являются редуцентами — организмами, питающимися мертвыми органическими остатками, подвергающими эти остатки минерализации до простых неорганических соединений. В то же время они вызывают болезни растений, из-за которых ежегодно теряется до $^1/_3$ урожая, выращиваемого человеком, на корню и столько же при хранении, когда заготовленные овощи, фрукты плесневеют и гниют, а зерно прогоркает и становится ядовитым. Паразитируя на животных и человеке, грибы вызывают кожные болезни — дерматозы, болезни волос, ногтей, дыхательных

путей, ротовой полости. Они служат причиной и тяжелых пищевых отравлений. Такие грибы, как трутовик и опенок, разрушают деловую древесину, а домовый гриб — опоры штолен шахт, перекрытия зданий, складов, хранилищ. В природе грибы играют положительную роль: они — пища и лекарства для животных; образуя грибокорень, помогают растениям всасывать воду; являясь компонентом лишайников, грибы создают среду обитания для водорослей. А роль лишайников в природе тоже весьма значительна: они первыми поселяются на необжитом голом субстрате — скалах, обнажениях. Поэтому грибы, обитающие в природных биоценозах (даже ядовитые), надо оберегать. В Красную книгу внесено 26 видов грибов.

Таблица 57. Сравнительная характеристика царств эукариот

Признаки	Царства		
	Растения	Грибы	Животные
Наличие пластид	Имеются	Нет	Нет
Способ питания	Автотрофный	Гетеротрофный	Гетеротрофный
Запасной углевод	Крахмал	Гликоген	Гликоген
Вещество клеточной стенки	Целлюлоза	Целлюлоза, хитин	Стенки нет
Пиноцитоз	Нет	Нет	Характерен
Фагоцитоз	Нет	Нет	Характерен
Способность к активному движению	Нет	Нет	Способны
Наличие дикарионной фазы	Нет	Имеется	Нет
Перфорация в межклеточной перегородке	Нет	Имеется	Нет

Таблица 58. Сравнительная характеристика классов отдела Грибы царства Грибы

Признаки	Классы низших грибов			Классы высших грибов		
	Хитридиомицеты	**Оомицеты**	**Зигомицеты**	**Аскомицеты**	**Базидиомицеты**	**Дейтеромицеты**
Строение тела	Гаплоидный многоядерный плазмодий	Нечленистый: гаплоидный многоядерный мицелий	Нечленистый: гаплоидный многоядерный мицелий	Членистый: гаплоидный, дикарионный, диплоидный мицелий	Членистый: дикарионный, гаплоидный, диплоидный мицелий	Членистый: гаплоидный, дикарионный мицелий
Способы питания	Паразиты	Паразиты, сапрофиты	Сапрофиты, паразиты	Паразиты, сапрофиты	Паразиты, сапрофиты, симбионты	Паразиты, сапрофиты
Вещество клеточной стенки	Стенка отсутствует	Целлюлоза	Пектин, хитин	Хитин	Хитин	Хитин
Размножение: вегетативное	Отсутствует	Частями мицелия	Частями мицелия, почкованием	Частями мицелия, склероциями, почкованием	Частями мицелия, хламидоспорами	Частями мицелия
бесполое	Зооспорами	Зооспорами, конидиями	Спорами	Конидиями	Конидиями	Конидиями
половое	Изогамия, гетерогамия	Оогамия	Зигогамия	Гаметангиогамия	Соматогамия, автогамия	Не обнаружено

Гематангии	Отсутствуют	Имеются	Имеются	Имеются	Отсутствуют	Не обнаружены
Половое спороношение	Отсутствует	Отсутствует	Споры полового спороношения	Аскоспоры	Базидиоспоры	Не обнаружено
Представители и вызываемые ими заболевания	Ольпидий капустный (черная ножка), синхитрий (рак картофеля)	Фитофтора (фитофтороз), сапролегния (паразит мальков рыб)	Мукор (плесневый гриб)	Дрожжи, чайный гриб (используются человеком), сморчок, трюфель (съедобные), сферотека (мучнистая роса), пеницилл (сизая плесень), спорынья	Все шляпочные грибы, дождевик, трутовик, пыльная и твердая головня пшеницы, линейная ржавчина злаков	Вертициллиум (вилт хлопчатника), фузариум (корневые гнили)

Пояснения к схемам 26–30

На всех схемах циклов развития грибов в рамки взяты различные структуры, образующиеся в ходе цикла; без рамок описаны происходящие в цикле процессы.

На схемах 27–30 приведены упрощенные циклы развития грибов. Если же, несмотря на это, они кажутся вам слишком сложными, самостоятельно упростите их еще раз в соответствии с требованиями избранного вами вуза.

Схема 26. Цикл развития мукора

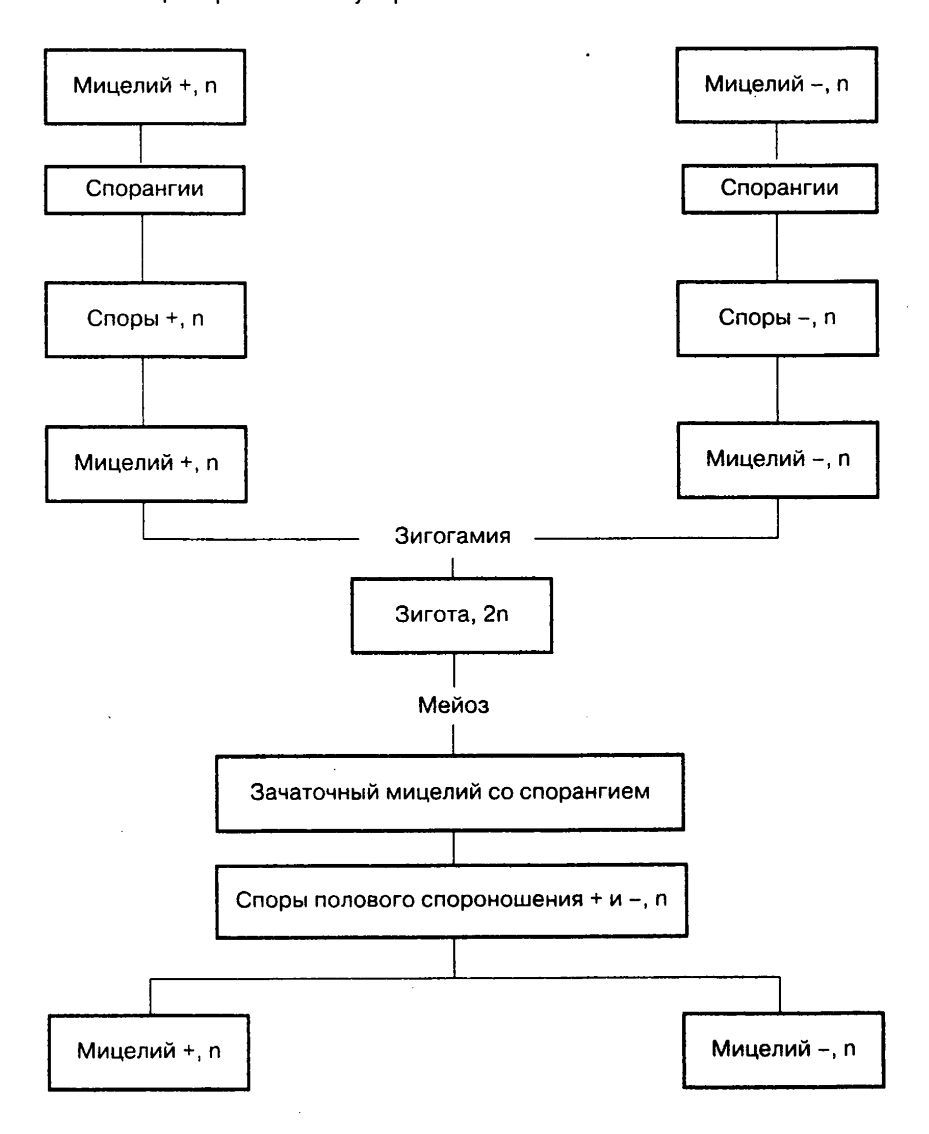


Схема 27. Цикл развития спорыньи

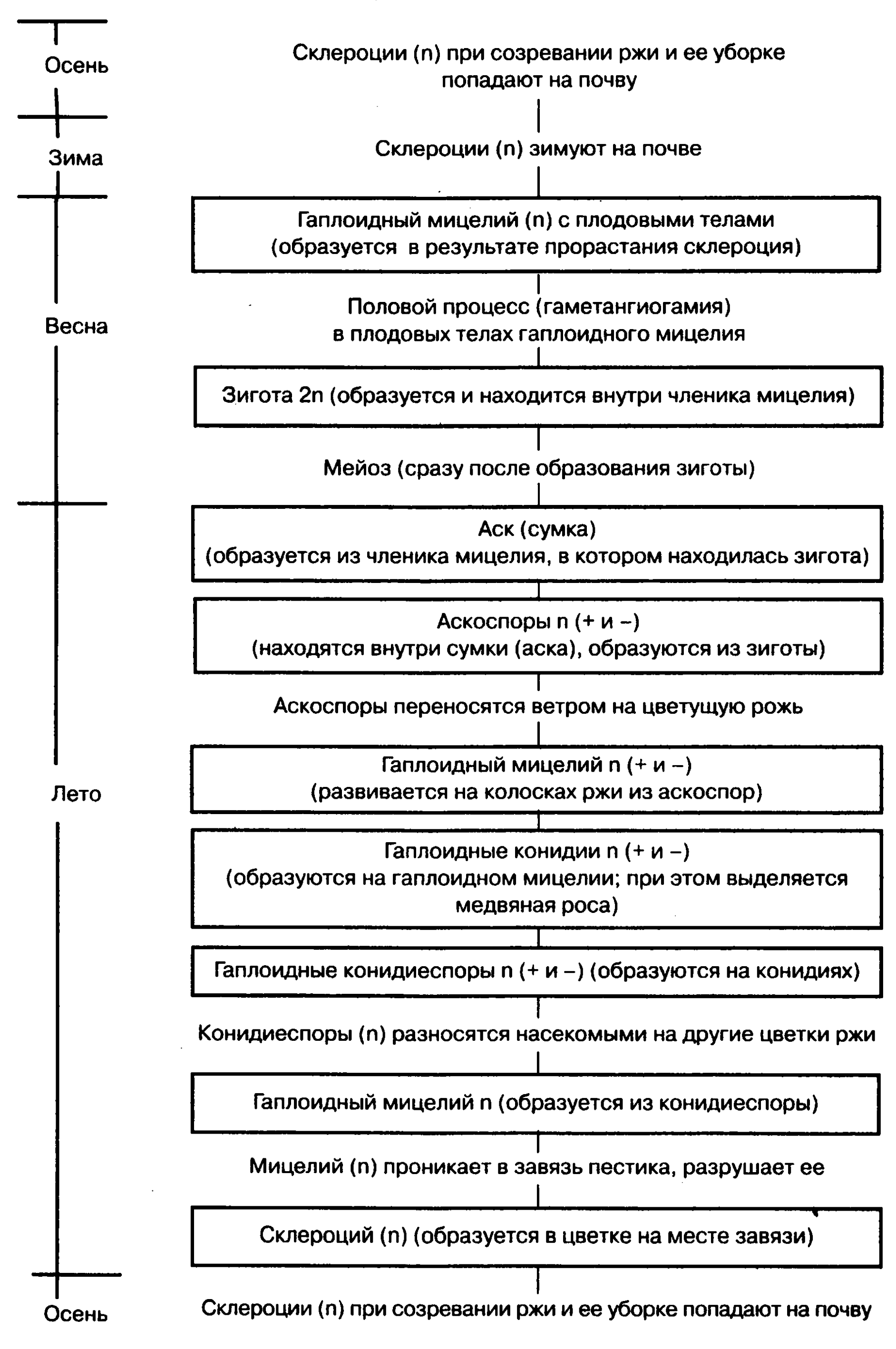


Схема 28. Цикл развития твердой головни пшеницы

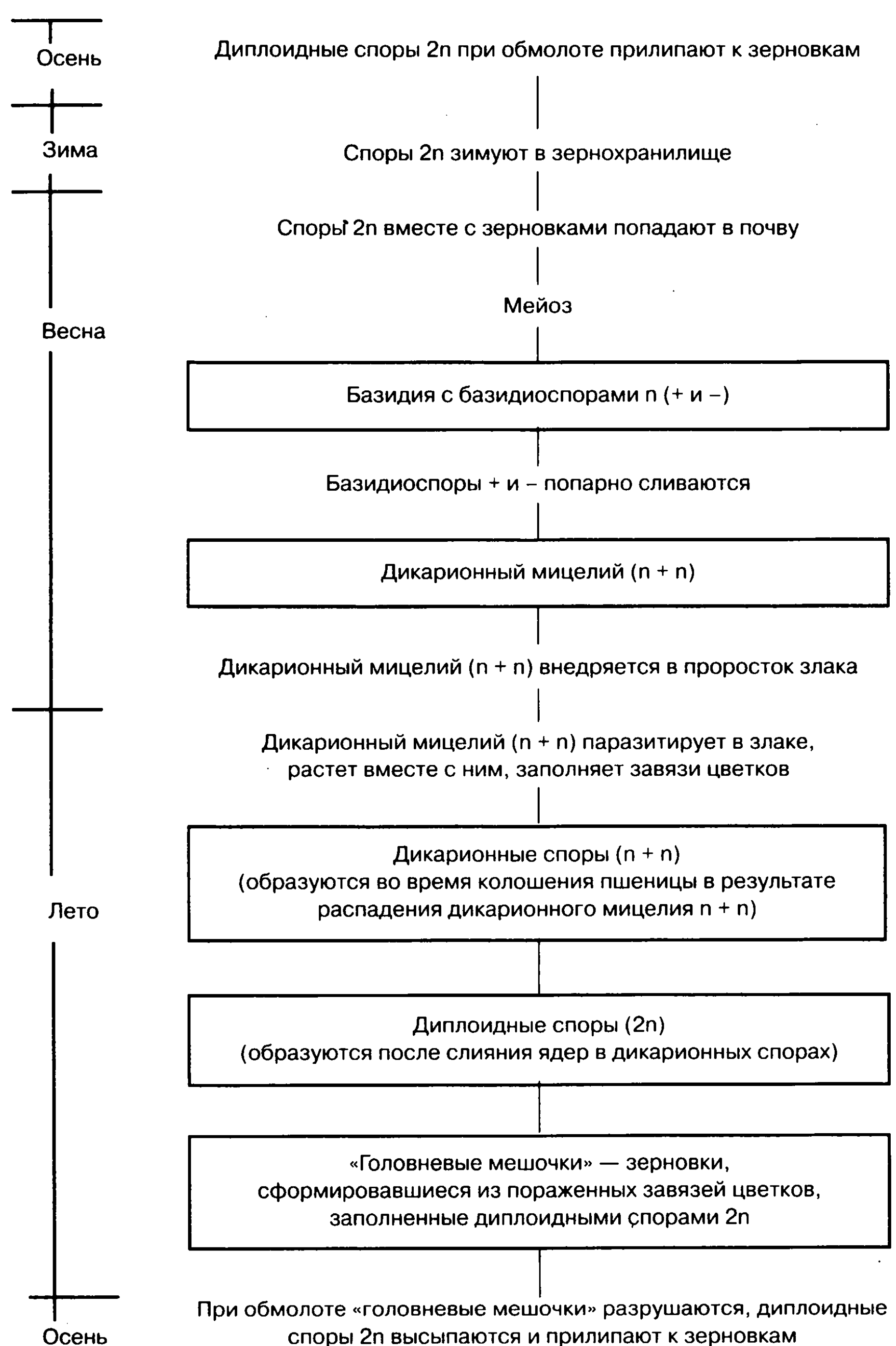


Схема 29. Цикл развития пыльной головни пшеницы

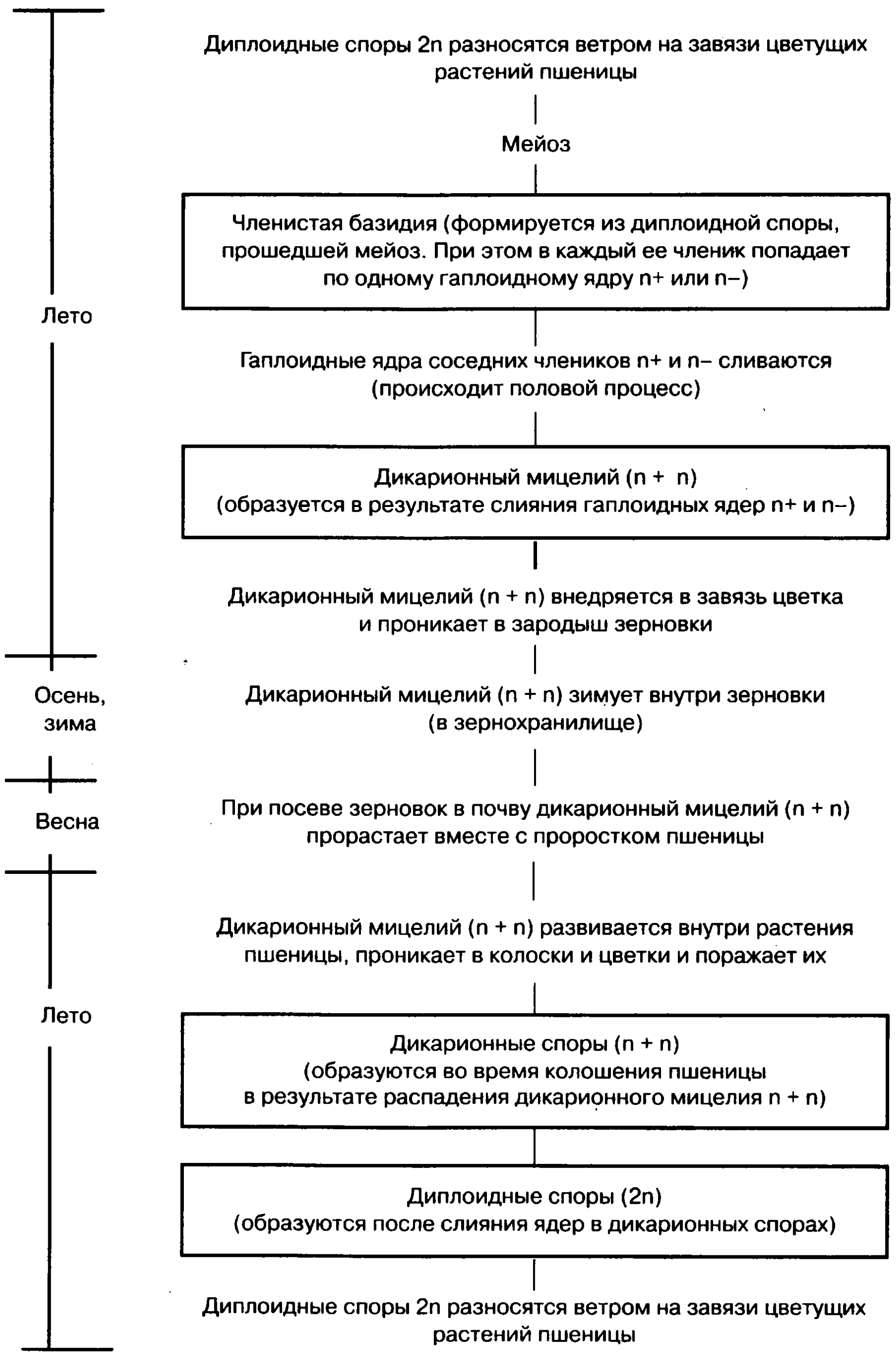
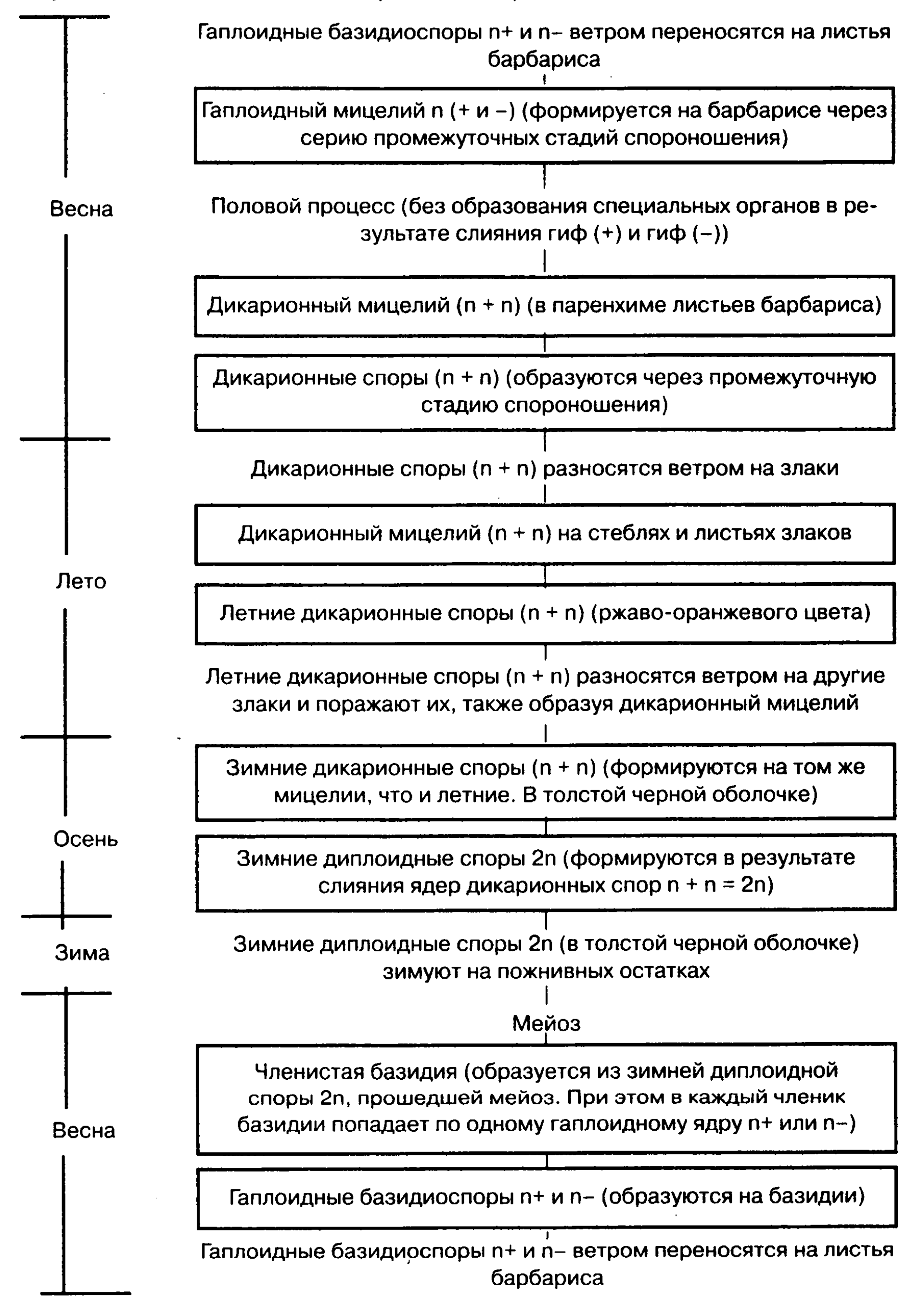


Схема 30. Цикл развития линейной ржавчины злаков
(Цикл осуществляется на двух хозяевах, в ходе цикла последовательно осуществляются 5 стадий спороношения)



ЦАРСТВО РАСТЕНИЯ

ТЕМА. Предмет «Ботаника»

Ботаника — наука о растениях. Растительный мир как составная часть природы, его разнообразие, распространение на Земле.

Ботаника (от греч. «ботанэ») в переводе — овощ, зелень, трава. Это раздел биологии, изучающий разнообразие растительного мира Земли, его происхождение, развитие, распространение, расселение. Строение растения (морфология) исследуется при детальном рассмотрении его органов (органография) и при рассечении его (анатомия). Одновременно с изучением морфологии и анатомии растения анализируется связанная с органами и тканями функция растительного организма.

Растения играют огромную роль в природе: они выделяют кислород, являются начальным звеном в цепи питания (продуценты), компонентами биогеоценозов. Кроме того, растения для человека — это источник здоровья, красоты, вдохновения. Большую роль играют растения в хозяйственной деятельности человека.

На Земле насчитывают около 500 тыс. видов растений, из них покрытосеменных — 200–250 тыс. В культуре возделывают более тысячи видов, из них около 450 в нашей стране. Среди культурных растений имеются пищевые, кормовые, лекарственные, эфиромасличные, технические, декоративные и т. д. Значительный вред хозяйству человека наносят сорные растения и растения-паразиты (цветковые — повилика, заразиха, омела), а также грибы-паразиты, бактерии, вирусы.

Растения распространены в строгом соответствии с природными зонами, где они находятся в типичных экологических и биоценотических условиях. Исключение составляют культурные растения, которые человек перенес из мест естественного местонахождения в другие районы.

Повторение ботаники лучше начать с систематики растений. Целесообразно приступить к изучению самых древних организмов, примитивных по своему строению, а затем, следуя общему направлению эволюционного развития, — все более усложняющихся форм жизни (рис. 15). На примере самых высокоорганизованных покрытосеменных растений, у которых наиболее четко выражены все черты морфофизиологического прогресса,

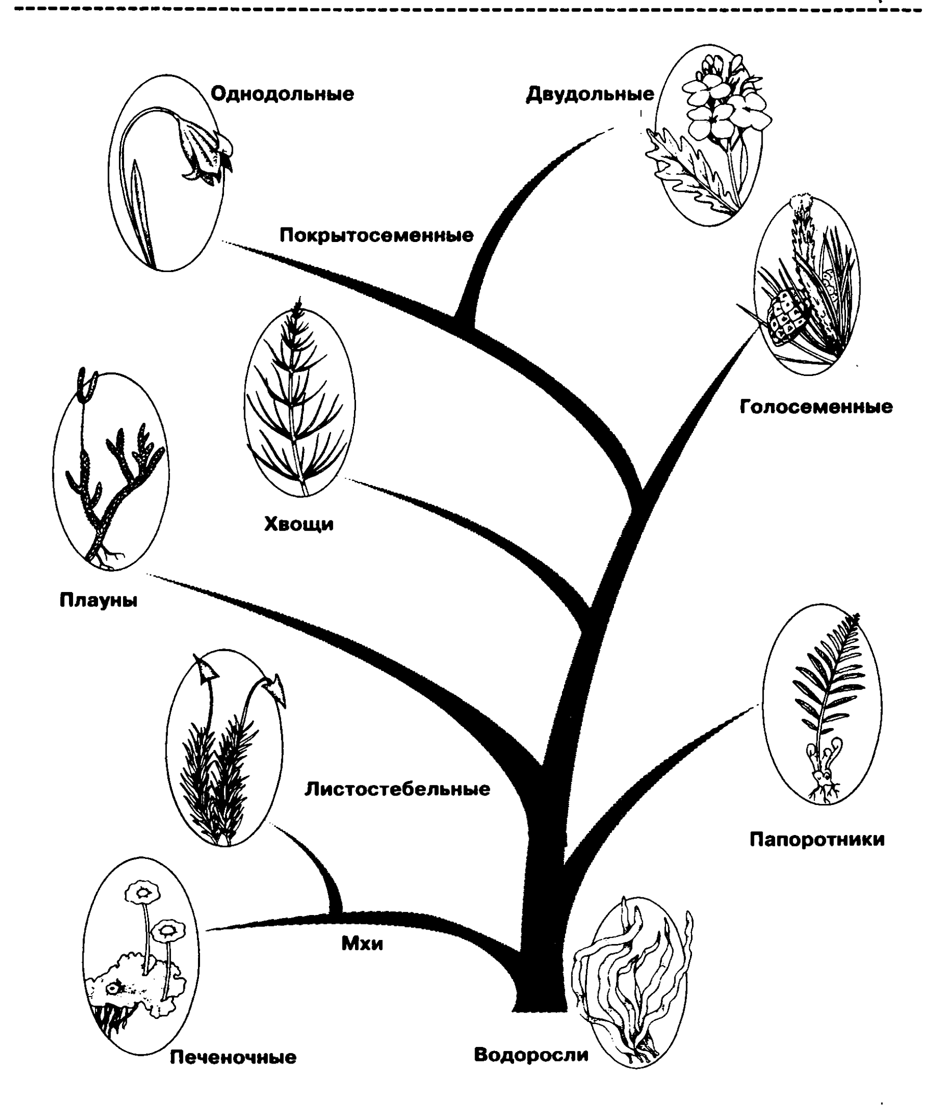


Рис. 15. Родословное дерево царства растений

будет рассмотрено строение вегетативных и репродуктивных органов, а также их физиологические функции.

В заключение раздела анализируется общая картина развития растительного мира на Земле, представленная в виде хронологической таблицы, в которой более четко выражены главные направления эволюции: ароморфозы, идиоадаптации и регресс, осуществляющиеся в разные эры и периоды развития планеты.

СИСТЕМАТИКА НИЗШИХ РАСТЕНИЙ

Общие указания. У низших растений тело одноклеточное или представлено слоевищем, не разделенным на ткани и органы. Их спорангии и гаметангии одноклеточные. К низшим растениям относят отделы водорослей и лишайники. В Красную книгу внесено 29 видов лишайников.

ТЕМА. Водоросли

Строение и жизнедеятельность одноклеточных водорослей (хламидомонада, плеврококк, хлорелла). Размножение водорослей. Нитчатые водоросли. Значение водорослей в природе и хозяйстве.

Задание 17

- Повторить учебный материал: фотосинтез, деление клеток.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 25.
- Проанализировать таблицы 59, 60.
- Изучить циклы водорослей по схемам 31–35.

Вопросы для самоконтроля

- К каким организмам по типу строения тела и по способу питания относят водоросли?
- У каких низших растений существует фотосинтез и в каких органеллах клетки он происходит?
- Какую окраску имеют пресноводные водоросли и какую — морские глубоководные?
- Какова роль водорослей в экологических системах?
- Какое эволюционное значение имело появление водорослей на Земле?
- Имеется ли у зеленых водорослей оформленное ядро с хромосомами?
- Какие органеллы характерны для клеток зеленых водорослей?
- Какие водоросли относятся к планктону, какие — к бентосу?
- Каковы способы размножения у водорослей?
- Чем отличается спора от зооспоры?
- Чем объяснить разнообразие формы хроматофоров, предшественниками каких органелл они являются?
- Какое значение в эволюции растений имели водоросли?
- Как объяснить сохранение и процветание водорослей в современных условиях?

Контрольная работа № 25

1. Какой способ питания характерен для водорослей (хемотрофный, фототрофный, гетеротрофный)?

2. Какие органеллы характерны для клеток зеленых водорослей (ядро, цитоплазма, хроматофоры, митохондрии)?
3. Чем вызвано разнообразие окраски тела водорослей (приспособление к фотосинтезу, привлечение животных, маскировка, особенности размножения)?
4. В каких органеллах клеток водорослей содержится хлорофилл (ядро, цитоплазма, митохондрии, хроматофоры)?
5. Для какого типа строения водорослей характерны цитоплазматические связи (колониальный, одноклеточный, многоклеточный)?
6. Что такое слоевище (тело, разделенное на ткани и органы; тело, не разделенное на ткани и органы)?
7. Какие способы размножения наблюдаются у водорослей (вегетативный, половой, бесполый)?
8. Какая из названных водорослей характеризуется следующими признаками: не имеет жгутиков, одноклеточная, обитает в воде, имеет кормовое значение (хламидомонада, хлорелла, улотрикс, спирогира)?

Экология водорослей

Это самые древние растения на Земле, обитающие в воде, на почве, на коре деревьев, а также образующие симбиотический организм — лишайник. Являются начальным звеном в цепях питания, представляя собой пищу для животных, начиная от простейших и кончая млекопитающими. Кроме того, водоросли в процессе фотосинтеза выделяют в воду кислород, что дает возможность животным дышать в воде как в морях и океанах, так и в маленьких прудах и лужах. В зарослях водорослей находят приют и среду обитания многие беспозвоночные животные и молодь рыб и земноводных. Для нормального состояния биоценозов водоемов все должно находиться в равновесии — и ресурсы растений, и количество животных. Для поддержания этого равновесия необходимо, чтобы водоемы были экологически чистыми — в них не сбрасывали бы нечистоты, химические отходы, металлический лом, гниющую древесину и негниющие синтетические материалы, так как это приводит к резкому сокращению количества кислорода, повышению кислотности, увеличению численности гнилостных и болезнетворных бактерий. Это неизбежно ведет к гибели растений и животных, болезням человека и появлению на Земле мертвых и зараженных морей, озер, прудов.

Таблица 59. Общая характеристика некоторых отделов водорослей

Признаки	Отделы		
	Зеленые водоросли	**Бурые водоросли**	**Красные водоросли (Багрянки)**
Численность, тыс. видов	20,0	1,5	4,0
Местообитание	Пресные и соленые водоемы, сырая почва, кора деревьев; могут образовывать симбиоз с грибами (лишайники)	В основном дно моря до глубины 50 м (образуют бентос)	В основном дно моря до глубины 100 м (образуют бентос)
Тип таллома	Одноклеточные, колониальные, многоклеточные, неклеточные	Многоклеточные	Многоклеточные
Вещества клеточной стенки	Целлюлоза, пектин	Пектин, целлюлоза	Пектин, целлюлоза, карбонаты магния и кальция
Форма хроматофора	Чашеобразный, кольцеобразный, дисковидный, спиральный, зернистый	Зернистый	Дисковидный
Пигменты	Зеленые — хлорофиллы a, b, оранжевые — каротиноиды	Зеленые — хлорофиллы a, c, оранжевые — каротиноиды, бурый — фукоксантин	Зеленые — хлорофиллы a, d, оранжевые — каротиноиды, красный — фикоэритрин, синий — фикоциан
Запасные вещества	Крахмал, масла	Полисахариды ламинарин, маннит; масла	Багрянковый крахмал

Окончание табл. 59

Признаки	**Отделы**		
	Зеленые водоросли	**Бурые водоросли**	**Красные водоросли (Багрянки)**
Способы размножения:			
вегетативное	Частями таллома	Частями таллома	Частями таллома (редко)
бесполое	Зооспорами	Зооспорами	Спорами
половое	Изогамия, гетерогамия, оогамия, конъюгация	Изогамия, гетерогамия, оогамия	Оогамия
Особенности цикла развития	У большинства представителей в цикле развития преобладает гаметофит (n), у других — меньшего числа — спорофит (2n)	У одних представителей преобладает спорофит (2n), у других — гаметофит (n). У многих талломы изоморфные — спорофит и гаметофит внешне выглядят одинаково	У одних представителей преобладает спорофит (2n), у других — гаметофит (n). У многих талломы изоморфные — спорофит и гаметофит внешне выглядят одинаково
Представители и их значение	Одноклеточные: хламидомонада, хлорелла; многоклеточные: улотрикс, спирогира, кладофора. Составляют фитопланктон водоемов, служащий пищей для рыб и беспозвоночных; обогащают воду кислородом и образуют основную массу органических веществ водоемов	Фукус, ламинария, саргасса образуют на дне морей обширные заросли, служащие убежищем для обитателей дна. В промышленности из водорослей извлекают соли калия, йод, бром, альгиновую кислоту; пищевое, диетическое и кормовое значение имеет ламинария (морская капуста)	Вместе с коралловыми полипами участвуют в формировании океанических островов. В промышленности из анфельции извлекают агар-агар; пищевое применение имеет порфира

Таблица 60. Особенности строения и жизнедеятельности представителей родов хламидомонада и хлорелла

Признаки	Хламидомонада	Хлорелла
Форма клетки	У различных представителей рода — округлая, овальная или яйцевидная	Округлая
Наличие жгутиков	Имеются 2 жгутика	Отсутствуют
Светочувствительный глазок	Имеется, обеспечивает фототаксис	Отсутствует
Движение	Активно передвигается к свету с помощью жгутиков	Передвигается пассивно с током воды
Пульсирующая вакуоль	Имеется	Отсутствует
Клеточная стенка	Пектиново-целлюлозная	Целлюлозная
Способы размножения	Половое, бесполое	Только бесполое
Способы полового размножения	У большинства видов — изогамия, реже — гетерогамия и оогамия	Отсутствуют
Морфологические особенности спор	Подвижные споры (зооспоры) с двумя жгутиками	Споры без жгутиков (апланоспоры)
Особенности роста и развития	В результате фотосинтеза усваивает 1–2% солнечной энергии (как большинство растений). Питание автотрофное и гетеротрофное	В результате фотосинтеза усваивает рекордное количество солнечной энергии (до 10–12%). Интенсивно делится; накапливает большое количество белков, масел, витаминов B, C и K. Культивируется в искусственных условиях. Питание автотрофное

Схема 31. Жизненный цикл хламидомонады (отдел зеленые водоросли, класс равножгутиковые, порядок вольвоксовые, род хламидомонада)

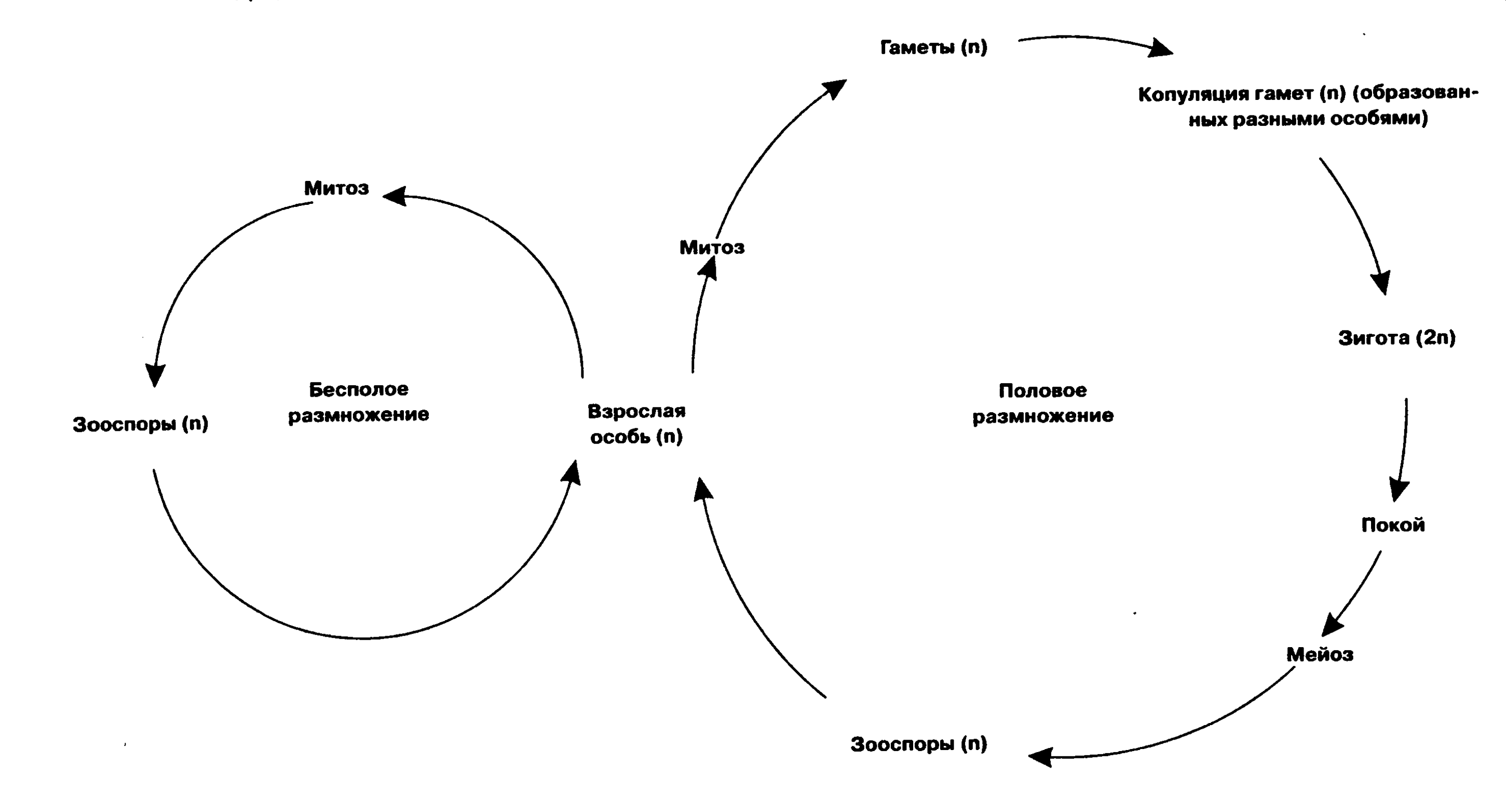


Схема 32. Жизненный цикл улотрикса (отдел зеленые водоросли, класс Равножгутиковые, порядок улотриксовые, род улотрикс)

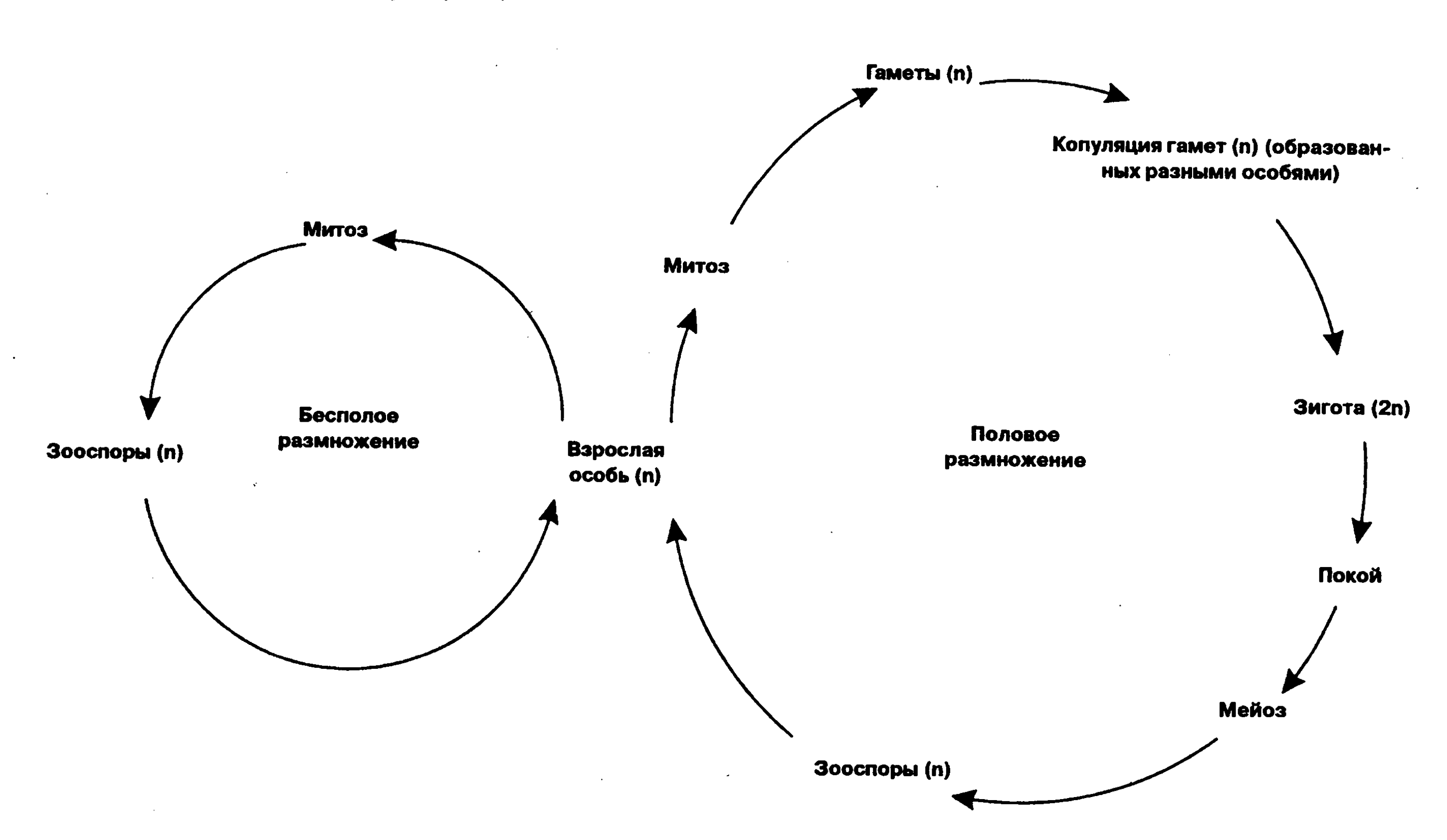


Схема 33. Жизненный цикл спирогиры (отдел зеленые водоросли, класс сцеплянки (конъюгаты), порядок зигнемовые, род спирогира)

Конъюгация:
по копуляционным каналам
протопласты клеток
одной особи
переходят в клетки
другой особи

Зигота (2n)

Покой

Мейоз

4 споры (n).
3 отмирают,
1 развивается
(«+» или «–»)

Взрослая
особь «–» (n)

Взрослая
особь «+» (n)

Схема 34. Жизненный цикл хлореллы (половое размножение отсутствует) (отдел зеленые водоросли, класс равножгутиковые, порядок протококковые, род хлорелла)

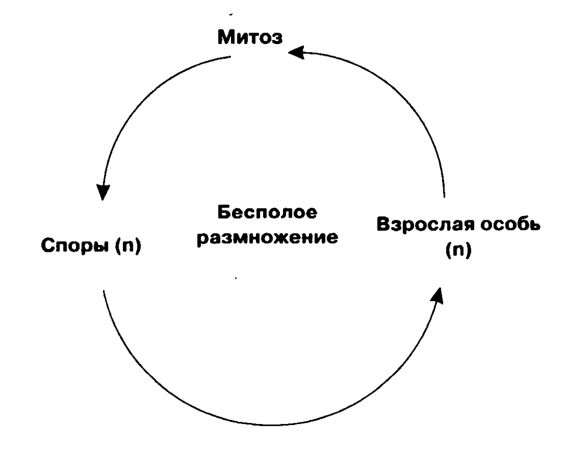
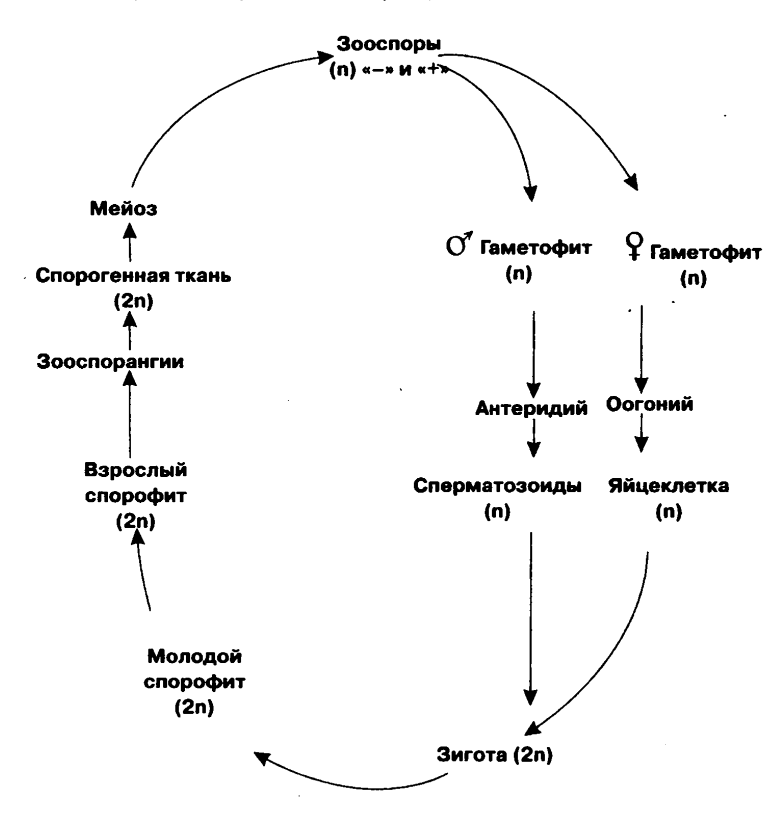


Схема 35. Жизненный цикл ламинарии (отдел бурые водоросли, порядок ламинариевые, род ламинария)



ТЕМА. Лишайники

Строение лишайника. Симбиоз. Питание. Размножение. Роль лишайников в природе и хозяйстве.

Задание 18

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 26
- Проанализировать таблицы 61, 62.

Вопросы для самоконтроля

- Какие организмы образуют тело лишайника?
- Каковы формы тела лишайника?

- Что дает гриб водоросли и что получает взамен?
- Может ли нарушаться симбиоз у лишайника?
- Какое значение в природе имеют лишайники?
- Как отличить тело лишайника от водоросли, от мха?
- Какой существует ограничивающий фактор в распространении лишайников?
- С какой скоростью нарастает слоевище у ягеля?
- Каким кормом — зимним или летним — является ягель?
- Как часто следует выпасать оленей на ягельных пастбищах?
- К какому способу размножения можно отнести клубочки в слоевище лишайника, состоящие из водорослей и нитей грибницы?
- Имеются ли способы размножения, характерные для каждого компонента симбиоза отдельно?
- Каково значение лишайников в химико-фармацевтической промышленности?
- К какой форме приспособительной эволюции принадлежат лишайники — к ароморфозу, идиоадаптации или дегенерации?

Контрольная работа № 26

1. Какие компоненты составляют тело симбиотического организма — лишайника (зеленые водоросли, синезеленые, бурые водоросли, грибы-паразиты, грибы-сапротрофы)?
2. Что получает гриб от водоросли в симбиозе (вода, углеводы, воздух, минеральные соли)?
3. Что получает водоросль от гриба в симбиозе (вода, углеводы, минеральные соли, воздух)?
4. Почему лишайники называют пионерами растительности (самые древние организмы, первыми поселяются на минеральном субстрате)?
5. Какие типы строения слоевища наблюдаются у лишайников (накипный, кустистый, листоватый, колониальный, одноклеточный)?
6. Какой способ размножения присущ лишайнику как единому организму (вегетативный, половой, бесполый)?
7. Каков прирост слоевища ягеля за лето (1, 5, 10 см)?
8. Для каких целей использует человек лишайники (пища для человека, корм для животных, лекарственное сырье, эфирные масла, лакмусовая бумага)?
9. Почему лишайники называют индикаторами чистоты воздуха (очищают воздух, растут только в незагазованном воздухе, загрязняют воздух)?

Таблица 61. Сравнительная характеристика некоторых групп организмов

Отдел или царство	Строение тела	Основные способы питания	Способы размножения	Представители	Значение
Вирусы	Доклеточное	Гетеротрофный (паразиты)	Репликация молекулы ДНК (РНК) внутри пораженной клетки	Вирус табачной мозаики, желтуха свеклы, вирус гриппа, полиомиелита, оспы, кори, бешенства, ящура, чумы	Вирусы вызывают болезни человека, животных, растений; бактериофаги — пожиратели бактерий (дизентерийной палочки, брюшного тифа, вибриона холеры)
Бактерии	Одноклеточное безъядерное	У большинства гетеротрофный (паразиты, сапротрофы); автотрофный (хемо- и фототрофы)	В основном делением клетки — дроблением	Сенная палочка, дизентерийная палочка, стрептококки; клубеньковые бактерии	Редуценты (минерализация органических веществ), использование в производстве молочнокислых продуктов, фиксаторы азота из воздуха. Возбудители болезней человека, животных, растений, порча продуктов питания
Синезеленые (цианобактерии)	Одноклеточное и колониальное безъядерное	Автротрофный (фототрофы)	Деление клетки. Вегетативное (частями колоний)	Носток сливовидный, анабена, осциллятория	Пища для низших животных; обогащение воды кислородом, показатель загрязненности водоема (в случае загрязнения становятся гетеротрофами)

Окончание табл. 61

Отдел	Строение тела	Основные способы питания	Способы размножения	Представители	Значение
Водоросли (группа отделов)	Одноклеточное и многоклеточное, слоевищное, ядерное	Автотрофный (фототрофы)	Половое, бесполое (зооспорами и спорами), вегетативное	Хламидомонада, хлорелла, плеврококк, спирогира, ламинария	Создают среду обитания для водных организмов (кислород, корм). Глобальная роль в обогащении атмосферы кислородом. Сырье для получения йода, брома, агар-агара (красные и бурые водоросли). Пища, удобрения
Грибы	Одноклеточное и многоклеточное (грибница) ядерное	Гетеротрофный (паразиты и сапротрофы)	Половое, бесполое (спорами), вегетативное (частями грибницы)	Мукор, пеницилл, дрожжи, головня, трутовик, белый гриб	Редуценты. Пища для человека, корм для животных, лекарственное сырье. Грибокорень увеличивает поглотительную способность корней (подберезовик, подосиновик, боровик). Возбудители болезней человека, животных и растений
Лишайники	Слоевищное (многоклеточная грибница гриба и одноклеточные водоросли)	Симбиотический: гриб — гетеротрофный сапротроф, водоросль — автотрофный фототроф	Вегетативное (частями слоевища)	Кустистые (ягель), накипные, листоватые, бородатые лишайники	Пионеры растительности: создают среду обитания для других растений и животных, почвообразователи. Корм для оленей в зимнее время. Источник сырья для химической, фармацевтической и парфюмерной промышленности. Показатели незагазованности воздуха

Таблица 62. Лишайники

Внешний вид	Представители	Симбионты		Внутреннее строение	Размножение
		гетеротрофный	автотрофный		
Накипные	Письменный лишайник, лишайниковая манна	Сумчатые грибы, базидиальные грибы	Зеленые водоросли (одноклеточные), цианобактерии	1. Гомеомерный тип: водоросли расположены равномерно. 2. Гетеромерный тип: таллом имеет сердцевину (без водорослей) и с одной или обеих сторон — водоросли	1. Вегетативное (частями таллома). 2. Изидиями (экзогенно). 3. Соредиями (эндогенно)
Листоватые	Пармелия				
Кустистые	Ягель — олений лишайник, уснея — бородатый лишайник				

СИСТЕМАТИКА ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ

I. Высшие споровые растения (архегониальные)

ТЕМА. Мхи и папоротникообразные

Зеленые мхи. Строение и размножение кукушкина льна. Мох сфагнум, особенности его строения. Образование торфа, его значение. Папоротник. Строение и размножение. Хвощ. Плаун.

Общие указания. Тело высших растений дифференцировано на ткани и органы, которые появились у них как одно из приспособлений к жизни на суше. Спорангии и гаметангии у них многоклеточные. Систематическое положение всех отделов высших растений отражает последовательность их появления на Земле и усложнение строения тела, связанное с изменениями

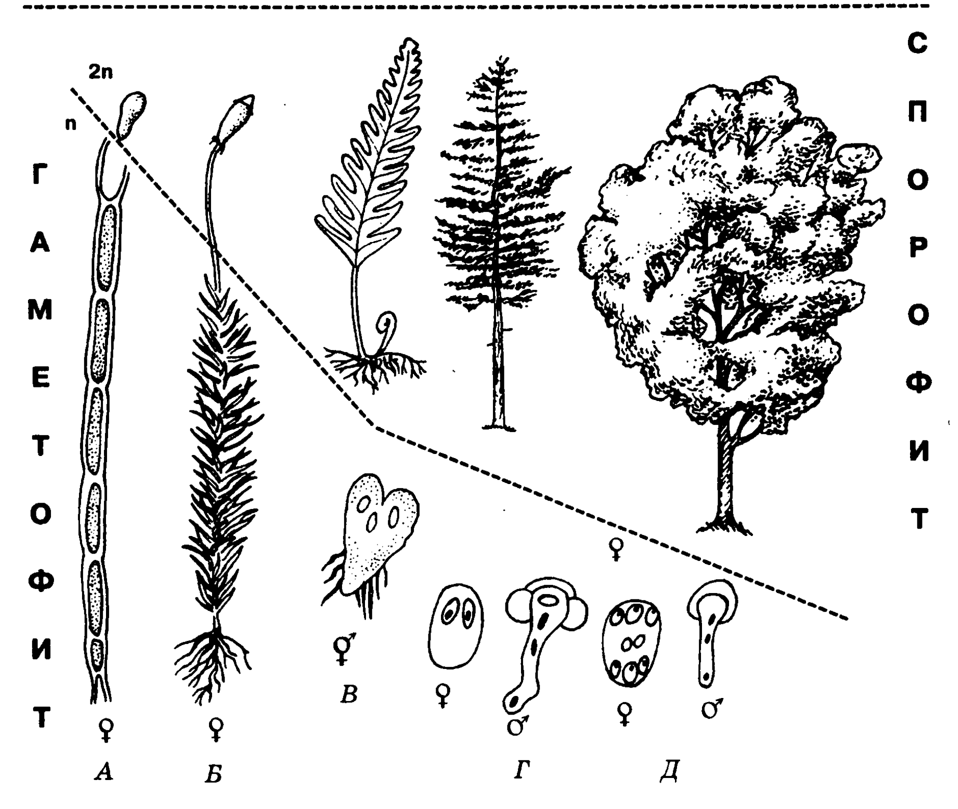


Рис. 16. Редукция гаметофита и преобладание спорофита в цикле развития растений в процессе эволюции:
А — зеленые водоросли, *Б* — мхи, *В* — папоротники, *Г* — голосеменные, *Д* — покрытосеменные

условий жизни в процессе исторического развития органического мира (см. рис. 15, 16).

Важный момент в изучении высших растений — понимание цикла развития, который заключается в прохождении каждой особью в ее онтогенезе половой и бесполой фаз (поколений). *Половое поколение* — заросток, или гаметофит, — образуется из спор, имеет гаплоидный набор хромосом. Оно выполняет функцию образования гамет в специальных органах полового размножения — архегониях и антеридиях. Яйцеклетки развиваются в архегониях, сперматозоиды — в антеридиях. Следовательно, само название поколения «гаметофит» и обозначает растение, образующее гаметы. *Бесполое поколение* — спорофит формируется из зиготы, несет диплоидный набор хромосом. Оно выполняет функцию образования спор в специальных органах — спорангиях. Ткань спорангиев также имеет диплоидный набор хромосом.

Она делится путем мейоза (как и в животном организме при образовании половых клеток в зоне созревания), в результате чего развиваются гаплоидные клетки — споры. Здесь название поколения «спорофит» и означает растение, образующее споры. У мхов преобладает гаметофит (половое поколение), у папоротников, хвощей, плаунов — спорофит (бесполое поколение).

Задание 19

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 27.
- Проанализировать таблицы 63, 64.
- Проанализировать схему 36, рисунок 17.

Вопросы для самоконтроля

- Какие признаки характерны для высших растений?
- Какие отделы растений относят к высшим растениям?
- Чем отличается цикл развития растения от цикла развития животного?
- Какое поколение называют бесполым и почему?
- Какое поколение называют половым и почему?
- Из чего развивается спорофит и какой он имеет набор хромосом?
- Что развивается из спор?
- Какую функцию выполняет заросток?
- Какой из факторов окружающей среды является главным для размножения мхов?
- Чем представлен у мхов гаметофит и чем — спорофит?
- В чем отличие цикла развития мхов от цикла развития других высших растений?
- В чем преимущество диплоидного растения по сравнению с гаплоидным?
- Почему мхи представляют собой тупиковую ветвь эволюции?
- Чем отличается сфагновый мох от кукушкина льна?
- Какие растения можно считать более достоверными предками папоротникообразных?
- В какой геологической эре и в каких периодах появились и господствовали папоротникообразные?
- При каких условиях древние папоротникообразные могли законсервироваться в виде каменного угля?
- Где развиваются споры у папоротника, хвоща, плауна?
- Что развивается из спор у папоротника, хвоща, плауна?
- Какова функция заростков у высших споровых растений?
- Что является заростком у мха, папоротника, хвоща, плауна?
- Чем различаются заросток и предросток?
- Какова роль различных представителей высших растений в природе и хозяйстве?

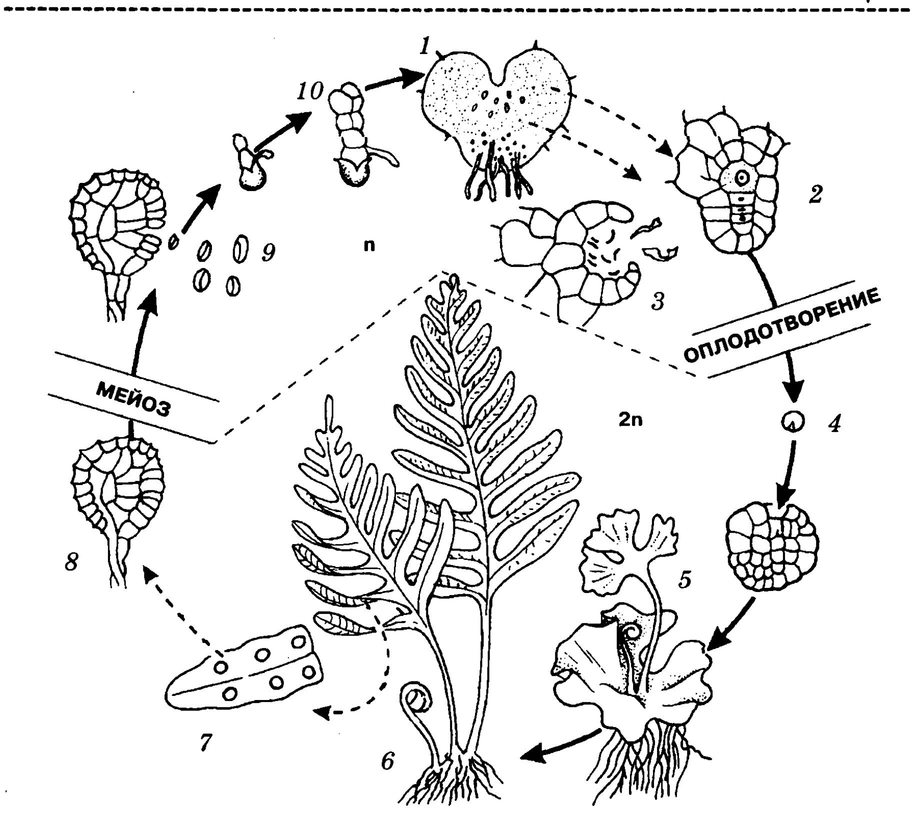


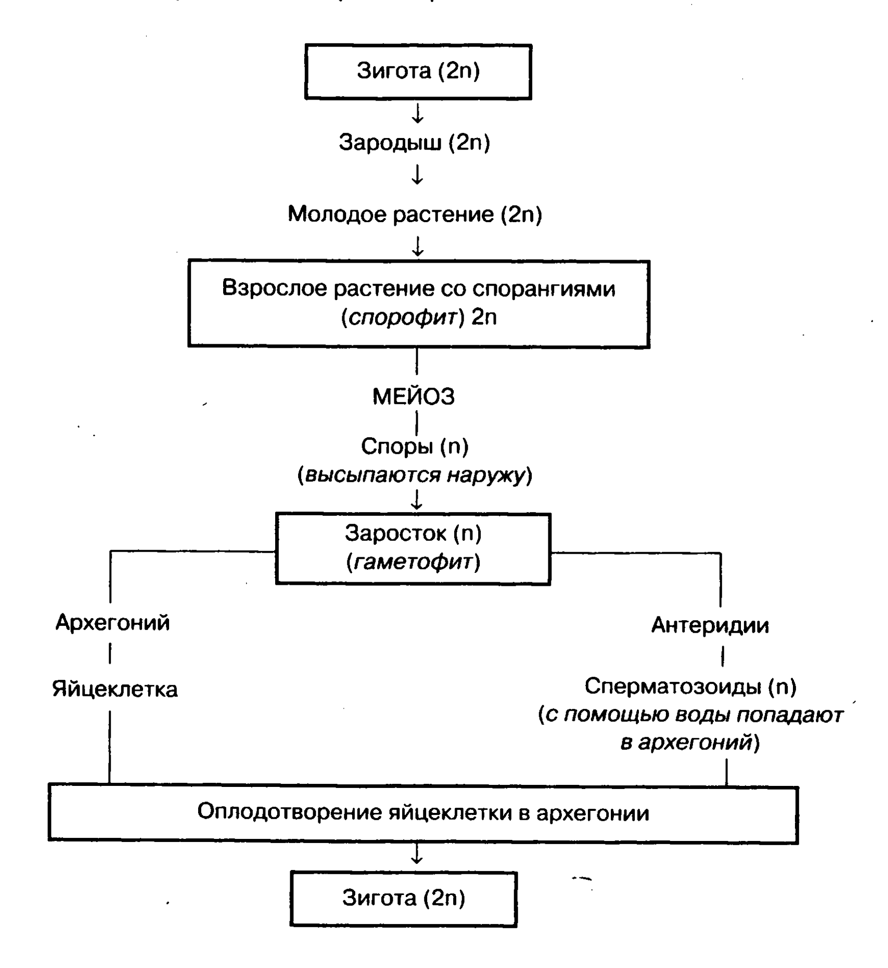
Рис. 17. Цикл развития папоротника:
1 — заросток (гаметофит), *2* — архегоний, *3* — антеридий, *4* — зигота (образуется внутри архегония), *5* — развивающийся на заростке молодой спорофит, *6* — спорофит, *7* — сорусы на обратной стороне листа (вайи), *8* — спорангий, *9* — споры, *10* — прорастание споры

Контрольная работа № 27

1. Каково строение тела высших растений (одноклеточное, слоевище, колониальное, листостебельное)?
2. Чем отличается листостебельное тело от слоевища (наличие тканей, отсутствие тканей, наличие органов, отсутствие органов)?
3. Каков способ питания высших споровых растений (фототрофный, хемотрофный, сапротрофный, паразитический)?
4. Какие органеллы характерны для клеток высших растений (ядро, цитоплазма, хроматофор, хлоропласты, митохондрии)?
5. Что развивается из спор у высших споровых растений (гаметофит, спорофит)?
6. Что развивается из зиготы у высших споровых растений (половое поколение с гаметангиями, бесполое поколение со спорангиями)?

7. Где находятся половое и бесполое поколение у мхов (на одном растении, на разных растениях)?
8. Из чего вырастает растение мха (из споры, из зиготы)?
9. Из чего вырастает коробочка у мха (из споры, из зиготы)?
10. Почему процесс образования торфа связан со сфагновым мхом (мох поселяется на болоте, задерживает влагу, не гниет в толще отложений)?
11. Где расположены спорангии: у папоротника (лист, колосок); у хвоща (лист, колосок); у плауна (лист, колосок)?
12. Что служит ограничивающим фактором в цикле развития споровых растений (воздух, вода, температура)?
13. Споры какого из названных растений применяют в металлургии, пиротехнике, медицине (папоротник, мох, плаун, хвощ)?

Схема 36. Цикл развития спорового растения



Экология высших споровых растений

Это первые наземные растения, обитающие во влажных, часто под пологом леса местах, или на болотах, или на полях с кислыми почвами. Господствовавшие в палеозое древовидные папоротники, хвощи и плауны в наше время представлены травами, за исключением тропических древовидных папоротников. Мхи же за этот период изменились мало, так как они занимают только свойственные им влажные места обитания. Этим растениям для размножения необходима вода, поскольку их гаметы — сперматозоиды — переносятся к яйцеклеткам только в капельно-жидкой среде, а заростки могут расти только на влажной почве. Жизнь в трудных условиях суши вела отбор на такие приспособительные признаки, как формирование вегетативных органов (корень, стебель, лист), органов размножения (архегонии, антеридии, спорангии), а также тканей. В цепях питания прошлых геологических эпох высшие споровые растения занимали ведущее место: они служили пищей для травоядных земноводных, пресмыкающихся. В настоящее время их роль как кормовых растений заметно уменьшилась, но значение в природе осталось: они удерживают воду в почве, создают условия для сохранения и прорастания семян голосеменных и покрытосеменных растений, являются средой обитания для животных. В хозяйстве человека велика роль древних древовидных форм, давших залежи каменного угля, который, как и торф, служит не только топливом, но и ценным химическим сырьем. Среди этой группы растений лишь хвощ полевой является трудноискоренимым сорняком полей с повышенной кислотностью почв. Высшие споровые — живые ископаемые, дошедшие до наших дней, поэтому их надо беречь и охранять. В Красную книгу занесено 22 вида мхов, 10 — папоротников и 4 — плаунов.

Таблица 63. Сравнительная характеристика отделов высших споровых растений

Признаки	Мохообразные	Папоротникообразные	Хвощеобразные	Плаунообразные
Преобладающее поколение	Гаметофит	Спорофит	Спорофит	Спорофит

Окончание табл. 63

Признаки	Мохообразные	Папоротникообразные	Хвощеобразные	Плаунообразные
Чем представлен спорофит (бесполое поколение) в современной флоре	Коробочка на ножке	Листостебельное корневищное травянистое растение. В тропиках — древесное растение	Травянистое растение с членистым стеблем и чешуевидными листьями	Травянистые вечнозеленые растения с мелкими листьями и укореняющимися побегами
Место образования спор	Спорангий, находящийся в коробочке	Спорангии, собранные в сорусы на вайях (листостеблях)	Спорангии на спорофиллах, собранных в спороносные колоски	Спорангии на спорофиллах, собранных в спороносные колоски
Чем представлено половое поколение (гаметофит)	Листостебельные растения с архегониями и антеридиями (у зеленых мхов — раздельнополые, у белых — обоеполые)	Зеленые сердцевидные заростки с архегониями и антеридиями; чаще обоеполые, но могут быть и раздельнополые. Размер 1–5 мм	Зеленые лопастные заростки с архегониями и антеридиями. Чаще раздельнополые, но могут быть и обоеполые. Размер 2–4 мм	Бесхлорофильные, гетеротрофные заростки с архегониями и антеридиями, живущие в симбиозе с грибами. Только обоеполые. Форма — близкая к полушарию, размер — 20–30 мм
Продолжительность жизни полового поколения (гаметофита)	Много лет	Один сезон	Один сезон	12–15 лет
Расположение спорофита по отношению к гаметофиту	На одном растении	Разные растения		
Направление эволюции	Тупиковая ветвь	Прогрессивное направление, давшее семенные растения		

Таблица 64. Эволюция размножения высших споровых растений

Признаки	Равноспоровые	Разноспоровые
Размер спор	Все споры одного размера	Крупные — мегаспоры; мелкие — микроспоры
Количество спор	Много	Мегаспор — 4; микроспор — много
Как образуются споры	Путем мейоза	Путем мейоза
Из чего образуются споры	Спорогенная ткань 2n (материнские клетки)	Материнская клетка мегаспор — 2n; спорогенная ткань — 2n (материнские клетки)
Где образуются споры	В спорангии	Мегаспоры — в мегаспорангии, микроспоры — в микроспорангии
Где расположены спорангии	На спорофиллах или на вайях	Мегаспорангии — на мегаспорофиллах, микроспорангии — на микроспорофиллах
Что формируется из спор	Заросток (гаметофит) обоеполый или раздельнополый	Из мегаспор — женский заросток (женский гаметофит), из микроспор — мужской заросток (мужской гаметофит)
Особенности заростка (гаметофита, полового поколения)	Автотрофное (или симбиотическое) самостоятельное растения с архегониями и антеридиями	Редуцированный гаметофит, полностью зависящий от спорофита. Архегонии сохраняются (кроме покрытосеменных), антеридии редуцированы
Представители	Травянистые хвощи, плауны, папоротники	Вымершие древовидные каламиты, современные водные папоротники, плаун селагинелла, голосеменные (современные и вымершие), покрытосеменные (современные и вымершие)
Значение для эволюции	Тупиковая ветвь	Прогрессивная ветвь

II. Семенные растения

ТЕМА. Голосеменные

Строение и размножение голосеменных (на примере сосны и ели). Распространение хвойных, их значение в природе и народном хозяйстве.

Общие указания. Голосеменные относятся к особой группе высших растений — *семенным растениям*. Их появление на Земле связано с поднятием суши, начавшимися колебаниями температуры и влажности. Наибольшего расцвета голосеменные достигли в мезозойскую эру, придя на смену вымирающим древовидным папоротникообразным и семенным папоротникам. Победить в борьбе за существование им помогло *семя*. У высших споровых растений споры образуются в спорангиях и после этого обязательно высыпаются на землю, прорастая в заростки — гаметофиты. Мужские гаметы — сперматозоиды — в воде при помощи жгутиков движутся к архегониям, после чего оплодотворяют яйцеклетку. Из зиготы образуется зародыш, который развивается в спорофит — само растение. На диплоидном спорофите в спорангиях путем мейоза вновь образуются гаплоидные споры, и цикл повторяется. Какое же поколение в цикле их развития оказалось в неблагоприятных условиях в мезозое? Неравномерное увлажнение и колеблющаяся температура были неблагоприятны как для заростков, так и для процесса оплодотворения, что привело к очень малой вероятности появления зародыша и его дальнейшего развития, зависящего в большой мере от заростка. Таким образом, цикл развития прерывался на половом поколении — гаметофите.

Благодаря индивидуальной изменчивости появились особи, у которых споры не выпадали из спорангиев, а прорастали в заростки внутри них на спорофите. Споры у этих растений разные — крупные и мелкие. *Мелкие споры* (микроспоры) дают начало *мужскому заростку* (гаметофиту), состоящему из трех клеток — вегетативной, генеративной и базальной, а антеридии у него отсутствуют. Гаметы — два спермия — образуются при делении генеративной клетки. Мужской заросток с двумя спермиями называется *пыльцевым зерном* (пыльцой). Пыльца формируется в пыльцевых мешках мужских шишек.

Крупные споры (мегаспоры) образуются внутри *семязачатка* (семяпочки) — он выполняет функцию спорангия. Споры из

спорангия не выпадают наружу, а прорастают внутри него. Обычно из четырех спор прорастает одна, остальные разрушаются. Из споры образуется *женский заросток* с *двумя архегониями*. В каждом архегонии по одной *яйцеклетке*. Семязачатки с женскими заростками находятся на чешуях женских шишек. Опыление (перенос пыльцы) осуществляется при помощи ветра. Попав на семязачаток, пыльцевое зерно прорастает, т. е. внутрь через пыльцевход прорастает *пыльцевая трубка*, по которой к архегониям проникают два спермия. В оплодотворении принимают участие один спермий и одна яйцеклетка — остальные разрушаются. Из *зиготы* образуется *зародыш семени*, а из всего *семязачатка* в целом — *семя*.

Первыми семенными растениями были ныне вымершие семенные папоротники, они дали начало голосеменным растениям. Голосеменные — это древние семенные растения, находящиеся на пути биологического прогресса. Свое название они получили потому, что их семена лежат открыто на поверхности чешуи шишек, например сосны или ели.

Задание 20

- Повторить весь имеющийся в распоряжении учебный материал, проанализировать схему 37.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Ответить на вопросы контрольной работы № 28.
- Проанализировать таблицу 65 и рисунки 18, 19, 20.
- Проанализировать сводную таблицу 66.
- По словарю проверить свои знания.

Вопросы для самоконтроля

- Чем отличаются голосеменные от других высших растений?
- Какие вегетативные органы имеются у хвойных деревьев?
- Сколько лет живет хвоя у ели, сосны, лиственницы?
- В каких природных зонах распространены хвойные?
- В каких экологических условиях обитает ель, в каких — сосна?
- Каковы взаимоотношения хвойных растений в биоценозе?
- Когда и почему голосеменные растения победили в борьбе за существование?
- Где развиваются и когда высыпаются пыльцевые зерна у голосеменных умеренной зоны?
- Как распространяется пыльца сосны?
- Где и через какой период времени прорастает пыльца сосны?
- Гомологична ли шишка сосны спороносному колоску плауна или хвоща?

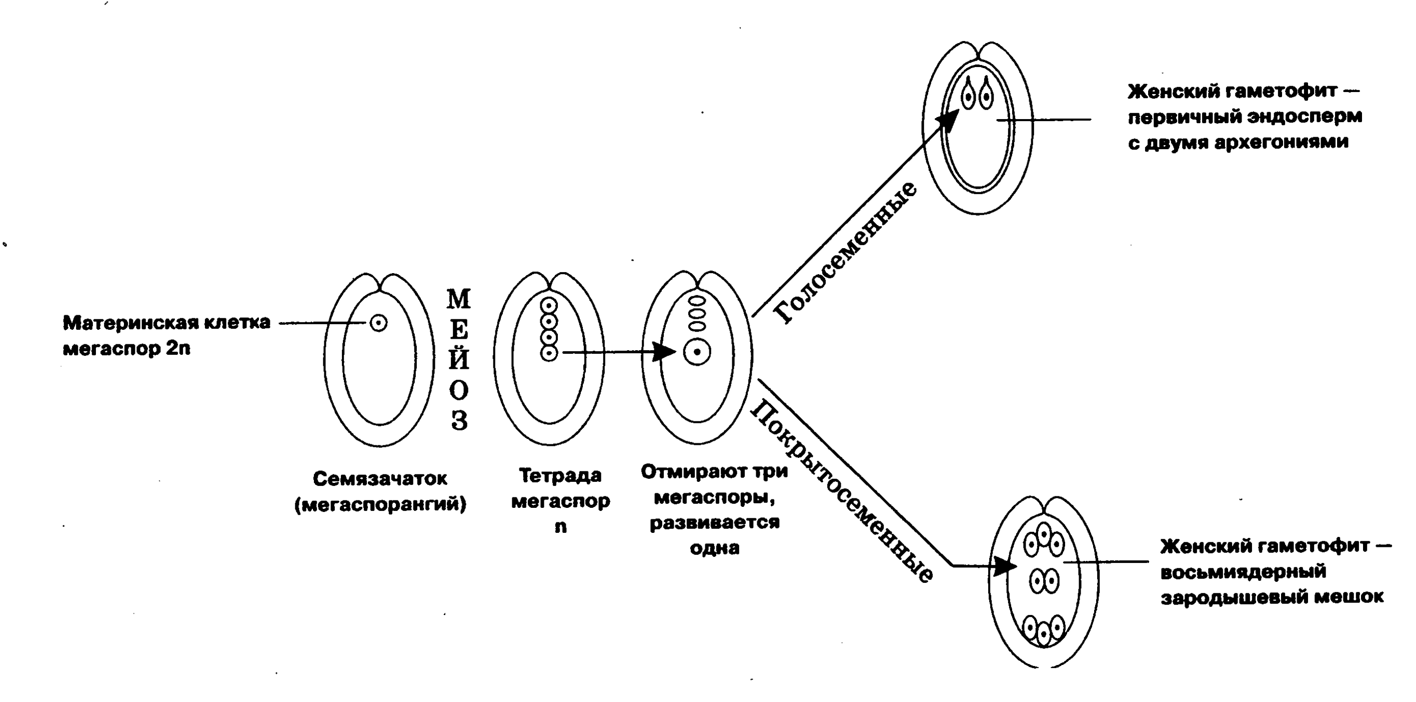


Рис. 18. Мегаспорогенез и мегагаметогенез у голосеменных и покрытосеменных растений

- Где располагаются семязачатки (семяпочки) на шишке хвойного растения и почему эти растения называют голосеменными?
- Что развивается внутри семязачатка у сосны?
- Выпадают ли споры сосны из спорангия?
- Что развивается из спор в семязачатке у хвойных?
- Как происходит оплодотворение у сосны?
- В чем отличие спермиев от сперматозоидов?
- Что развивается из семязачатка после оплодотворения у ели, сосны?
- Сколько времени развивается семя у сосны, у ели?
- Какую роль играет женский гаметофит (первичный эндосперм) в развитии нового спорофита?
- Каково хозяйственное значение различных видов хвойных?

Контрольная работа № 28

1. Из чего в процессе эволюции образовался семязачаток (зигота, гамета, гаметангий, спорангий)?

2. Где лежат семязачатки у сосны (хвоинки, чешуи, шишки, стебли)?

3. Что образуется внутри семязачатка (споры, заросток с архегониями, пыльца)?

4. Что образуется в мужских шишках (пыльца, зиготы, архегонии, антеридии)?

5. Как переносится пыльца на семязачатки (насекомые, вода, ветер)?

6. Сколько времени проходит от опыления до оплодотворения у сосны (день, месяц, год)?

7. Как доставляются спермии к яйцеклеткам у сосны (вода, ветер, пыльцевая трубка)?

8. Сколько спермиев участвует в оплодотворении у ели (один, два, много)?

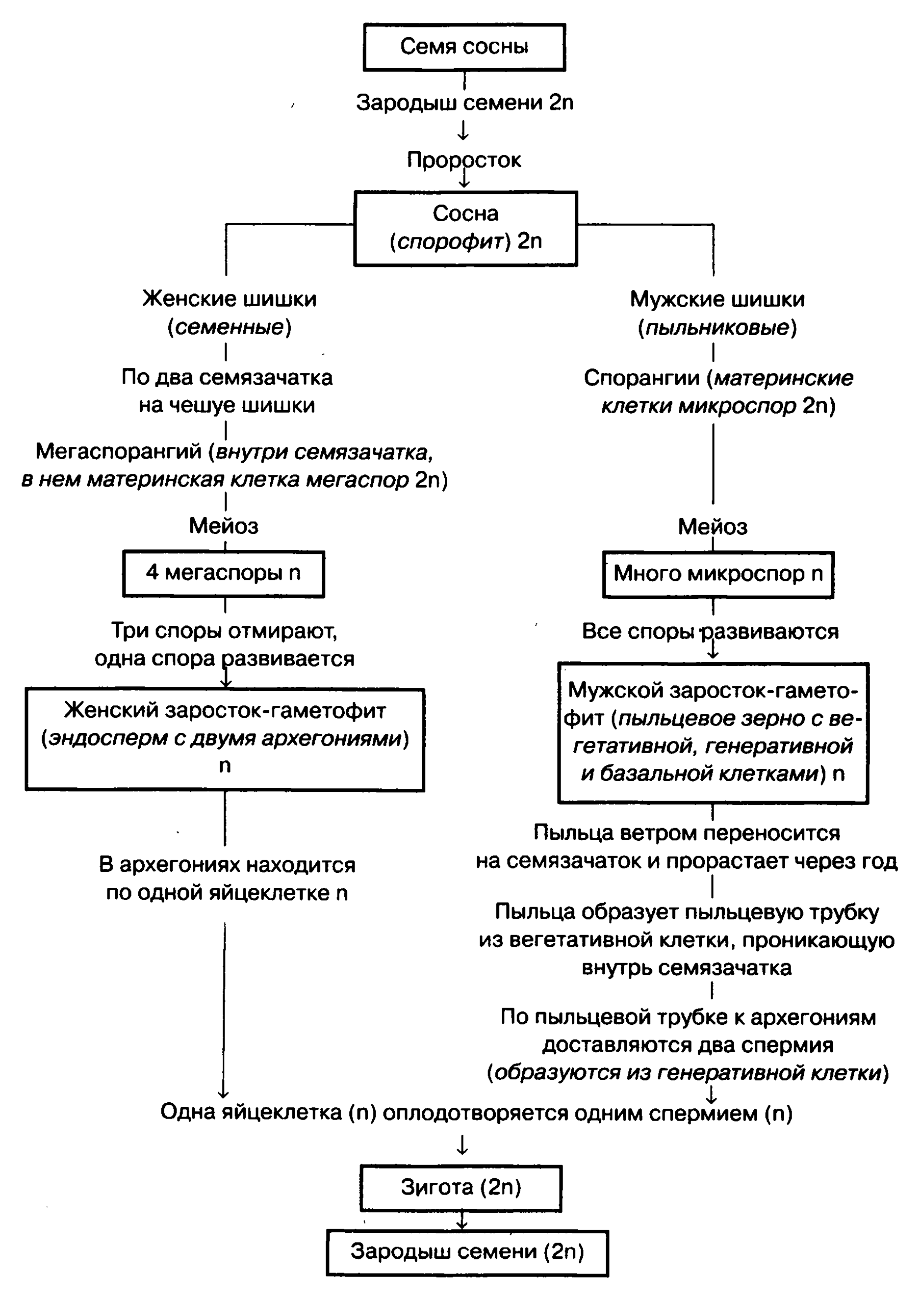
9. Что возникает в результате оплодотворения из семязачатка (зигота, споры, семя, заросток)?

10. Из чего образуется зародыш семени (зигота, эндосперм, спора)?

11. Какой набор хромосом у зародыша семени (гаплоидный, диплоидный); у эндосперма семени голосеменного растения (гаплоидный, диплоидный, триплоидный)?

12. Как используют хвою (витаминные добавки, парфюмерия, лечебное средство, получение смолы)?

Схема 37. Цикл развития сосны



В результате оплодотворения образуются: из семязачатка — семя, из покрова семязачатка — кожура семени (2n), из зиготы — зародыш семени (2n), в эндосперме (n) откладывается запас питательных веществ для зародыша

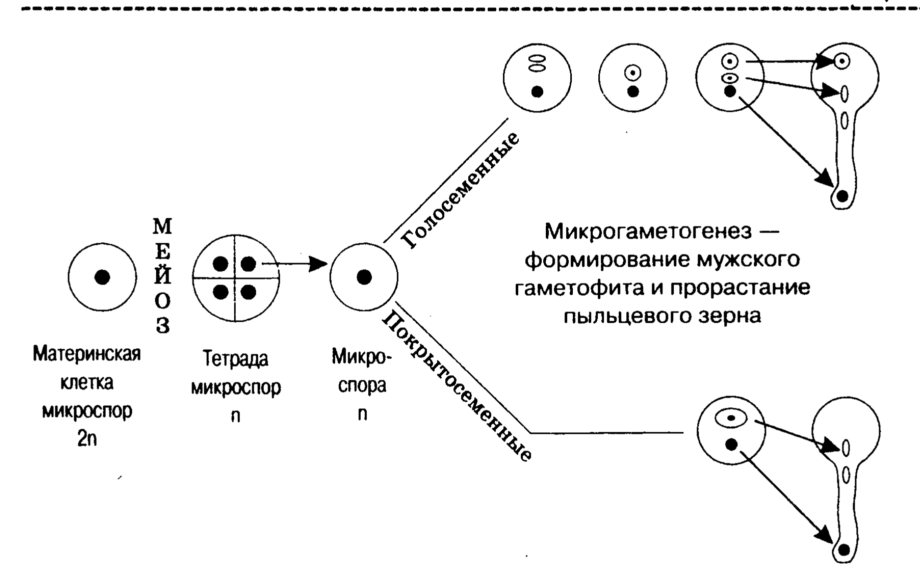


Рис. 19. Сравнение микроспорогенеза и микрогаметогенеза у голосеменных и покрытосеменных растений

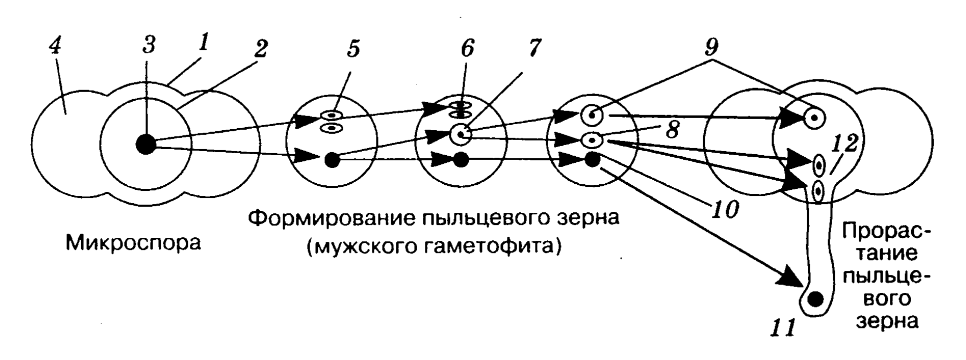


Рис. 20. Микрогаметогенез — формирование мужского гаметофита у сосны: *1* — экзина, *2* — интина, *3* — ядро микроспоры, *4* — воздухоносные мешки, *5* — две проталлиальные клетки, *6* — отмирающие проталлиальные клетки, *7* — антеридиальная клетка, *8* — генеративная клетка, *9* — базальная клетка (клетка-ножка), *10* — ядро вегетативной клетки, *11* — пыльцевая трубка, *12* — два спермия

Экология голосеменных

Древние семенные растения. Господствовали в палеозое и мезозое и представлены как в прошлом, так и в настоящем вечнозелеными древовидными формами. Тропические виды имеют листья крупные, перистые, как у пальм, у более удаленных от тропиков видов листья мелкие, игольчатые или чешуевидные, что определяется обитанием в условиях пониженного увлажне-

ния. Обычно это лесообразующие породы. Их размножение не связано с водой, поэтому среда обитания более разнообразна по сравнению со споровыми растениями. В умеренной зоне господствуют хвойные деревья, образующие таежные леса Северного полушария. Хвойные леса — среда обитания многих животных разных систематических групп: это и пища, и защита, и место выведения и выращивания потомства для птиц, млекопитающих как растительноядных, так и всеядных и хищных. Древние гигантские голосеменные дали залежи каменного угля, особенно в Сибири. В настоящее время хвойные леса в значительной степени истреблены в результате лесозаготовок, лесных пожаров, а также вследствие строительства железных и шоссейных дорог, промышленных предприятий, городов. Немаловажную роль в сокращении площади лесов играют осушение болот, затопление, добыча нефти, угля и других полезных ископаемых. Хвойные деревья плохо переносят загазованность воздуха, копоть, так как их хвоинки многолетние и в них накапливаются ядовитые вещества, а устьица забиваются копотью, что вызывает пожелтение и отмирание хвои на 1–2 года раньше. Потеря лесных богатств — одно из экологических бедствий нашей страны. В Красную книгу занесено 11 видов голосеменных растений.

Таблица 65. Сравнение групп высших растений

Признаки	Высшие споровые растения	Семенные растения
Чем размножаются	Спорами	Семенами
Выпадают ли споры из спорангия	Выпадают на почву	Не выпадают
Где формируется заросток	В почве	Внутри спорангия (семязачатка)
Способ питания заростка	Автотрофный	Гетеротрофный
Степень развития антеридиев	Хорошо развиты	Редуцированы
Опыление	Отсутствует	Опыление (перенос мужских гаметофитов) осуществляется ветром и насекомыми

Окончание табл. 65

Признаки	Высшие споровые растения	Семенные растения
Способ доставки мужских гамет	Сперматозоиды доставляются в каплях воды	Безжгутиковые спермии доставляются пыльцевой трубкой
Местонахождение яйцеклетки	В брюшке архегония	У голосеменных — в архегонии. У покрытосеменных архегонии отсутствуют, яйцеклетка находится в окружении двух клеток-спутников

Словарь основных терминов и понятий

Антеридий (греч. «антерос» — цветущий) — мужской орган полового размножения растений, в котором образуются сперматозоиды. У низших растений (водоросли) он одноклеточный, у высших растений (мхи, хвощи, плауны, папоротники) — многоклеточный.

Архегоний (греч. «архе» — начало, «гоне» — рождение) — женский орган полового размножения высших растений (мхи, хвощи, плауны, папоротники, голосеменные), в котором образуются яйцеклетки. Он состоит из расширенного брюшка и узкой шейки. В шейке проходит канал, по которому сперматозоиды достигают яйцеклетки, находящейся в брюшке. Там же происходит оплодотворение.

Бактерии (греч. «бактерия» — палочка) — одноклеточные или колониальные предъядерные организмы (прокариоты). Форма клеток шаровидная (кокки), палочковидная (бациллы), спиралевидная (спириллы), изогнутая (вибрионы). Питание гетеротрофное (паразиты и сапрофиты) или автотрофное (хемотрофы и фототрофы). В клетке носителем генетической информации является нуклеоид — кольцевая двухцепочечная молекула ДНК, имеются рибосомы. Другие органеллы не выражены, их функции выполняют мезосомы — выросты наружной мембраны. Клетка окружена слизистой капсулой или плотной клеточной стенкой. Деление клетки происходит каждые 20–30 мин. Споры служат только для перенесения неблагоприятных условий.

Таблица 66. Сравнительная характеристика отделов высших растений

Группы отделов	Отдел	Жизненная форма	Преобладающее поколение	Размножение	Представители	Значение
Высшие споровые	Мохообразные	Травы	Гаметофит	Споры	Кукушкин лен, сфагнум	Компонент биоценоза; вызывают заболачивание почвы, образование торфа
	Папоротникообразные	Травы, в тропиках — деревья	Спорофит	»	Щитовник, орляк	Современные — образуют подлесок в лесах; древние древовидные — сформировали залежи каменного угля
	Плаунообразные	Травы	»	»	Плаун	Вечнозеленые растения в подлеске светлых лесов. Споры собирают и применяют в металлургии, медицине, пиротехнике
	Хвощеобразные	»	»	»	Хвощ	Сорняки полей. Компонент биоценоза лесов, болот
Семенные	Голосеменные	Деревья, кустарники	»	Семена	Сосна, ель, пихта, лиственница	Лесообразующие породы; корм для животных, пища для человека (семена сосны сибирской), строительный и поделочный материал, топливо, химическое и витаминное сырье
	Покрытосеменные	Деревья, кустарники, травы (однолетние, многолетние)	»	Семена, заключенные в плоды	Яблоня, роза, картофель, пшеница	Растения, господствующие в современных ландшафтах: лугах, болотах, лесах. Культурные растения: пищевые, кормовые, технические, лекарственные, декоративные. Сорные растения. Основные продуценты в цепи питания. Источник атмосферного кислорода

Роль бактерий разнообразна, они являются редуцентами в цепях питания, участвуют в процессах гниения белков, брожения сахаров, круговороте азота, вызывают болезни человека, животных, растений, но в то же время вступают в симбиоз с организмом, формируя «кишечную флору», клубеньки на корнях и т. д. Используются в пищевой промышленности (бактерии молочнокислого и уксуснокислого брожения).

Бактериофаги (греч. «бактерия» — палочка, «фагос» — пожирать) — вирусы, поражающие бактериальные клетки. Впервые описаны Ф. Туортом (1915), термин введен Ф. Д' Эреллем (1917). До появления антибиотиков использовались для лечения многих заболеваний, вызываемых бактериями: холеры, дизентерии и др. Классический объект молекулярной биологии: их изучение позволило понять структуру гена, расшифровать генетический код.

Вирион — вирусная частица.

Водоросли — низшие растения. Их тело представлено одной клеткой (хлорелла, хламидомонада), колонией клеток (вольвокс), слоевищем — неклеточным (каулерпа, вошерия), нитчатым (спирогира, улотрикс), сложнорасчлененным (ламинария, лучица). Слоевище, или таллом, — это тело, не разделенное на органы и ткани. В клетках имеются все органеллы, типичные для растительной клетки, но носителями пигментов являются не типичные пластиды, а специальные хроматофоры. Кроме хлорофилла в хроматофорах имеются пигменты синего, красного, бурого, желтого цвета, которые дополняют оранжево-красные участки солнечных лучей, не проходящих через толщу воды, что позволяет растениям обитать на больших глубинах. Размножение вегетативное (частями таллома), бесполое (спорами и зооспорами), половое (слияние яйцеклеток и сперматозоидов, конъюгация). Водоросли обитают в воде, почве, на корке деревьев, входят в симбиоз с грибами у лишайников. Они обогащают воду кислородом, являются первым звеном цепи питания, основными продуцентами растительной массы водоемов, химическим и лекарственным сырьем.

Высшие растения — растения, тело которых разделено на органы и ткани. Архегонии и антеридии многоклеточные (или редуцированные), спорангии также многоклеточные. Появились на Земле в результате выхода на сушу водорослей в силурийском периоде палеозойской эры. К ним относятся ринии, псилоты, мхи, папоротники, хвощи, плауны, голосеменные и покрытосеменные растения.

Высшие споровые растения — группа отделов высших растений, размножающихся с помощью спор. В цикле развития чередуются спорофит (бесполое поколение) и гаметофит (половое поколение — заросток). К ним относятся ринии (ныне вымершие), псилоты, мхи, хвощи, плауны, папоротники (см. рис. 15).

Гаметофит (греч. «гаметес» — супруг, «фитон» — растение) — заросток, гаплоидное половое поколение в цикле развития растения, дающее гаметы. У споровых растений заростки формируются из спор, выпадающих из спорангия на почву, и живут самостоятельно; на них имеются архегонии и антеридии. Обычно эти заростки обоеполые. У семенных растений споры не выпадают из спорангиев и раздельнополые заростки развиваются внутри них. У голосеменных женский заросток — первичный эндосперм с двумя архегониями, у покрытосеменных — восьмиядерный зародышевый мешок (без архегониев). Мужской заросток у семенных растений — пыльца (не имеет антеридиев) (см. рис. 18).

Голосеменные — отдел высших растений, размножающихся с помощью семян. Семена лежат открыто (голо) на семенных чешуях шишек. Они образуются из семязачатков в результате опыления и оплодотворения. Шишки бывают двух видов: семенные, дающие семена, и пыльниковые, дающие пыльцу. В умеренной зоне преобладают вечнозеленые хвойные древесные растения (ель, пихта, сосна), листопадное дерево лиственница, кустарник можжевельник. Наибольшего расцвета голосеменные достигали в мезозойскую эру.

Грибы — царство гетеротрофных ядерных организмов, занимающих особое положение в системе живой природы. Им присущи признаки как растений, так и животных. Тело грибов бывает как одноклеточным (дрожжи), так и состоящим из многочисленных неклеточных нитей грибницы (мукор) или разделенных на членики (опенок). Размножаются вегетативно (почкованием, частями грибницы), спорами, половым путем. Питание сапрофитное у плесеней (пеницилл, мукор), шляпочных грибов (сыроежка, мухомор), симбиотическое у подберезовика, подосиновика. На живых растениях паразитируют головневые и ржавчинные грибы. У животных и человека паразитические грибы вызывают болезни кожи, волос, ногтей, органов дыхания, пищеварения, размножения (дерматозы, микозы). Грибы по строению грибницы (мицелия) подразделяются на низшие, имеющие тело в виде плазмодия или нечленистого мицелия, и высшие, тело которых представлено членистым (многоклеточ-

ным) мицелием. Низшие грибы подразделяются на следующие классы: хитридиевые, оомицеты и зигомицеты. Высшие включают также три класса: аскомицеты (сумчатые), базидиомицеты (базидиальные) и дейтеромицеты (несовершенные).

Капсид — белковая оболочка вируса.

Капсомеры — белковые субъединицы, составляющие капсид вируса.

Лишайники — низшие симбиотические растения, тело которых — слоевище — состоит из грибницы сумчатых или базидиальных грибов и одноклеточных или колониальных водорослей отделов зеленых или синезеленых. Симбиотические отношения заключаются в том, что гриб поглощает органические вещества, синтезированные водорослями, и в то же время является средой обитания для водорослей. Лишайники первыми поселяются на голых скалах, создавая почву для других растений. Они являются зимним кормом для северных оленей (ягель), химическим и лекарственным сырьем (лакмусовая бумага, эфирные масла).

Мегаспорангий — спорангий разноспоровых растений, в котором образуются мегаспоры. У высших споровых он имеет шаровидную форму с однослойной стенкой. Мегаспорангий семенных растений называется «нуцеллус». Он многоклеточный, снаружи покрыт многоклеточным же интегументом. Нуцеллус вместе с интегументом образуют семязачаток (семяпочку), поэтому иногда допускается термин «видоизмененный мегаспорангий» по отношению к семязачатку.

Мегаспорофилл — лист, в пазухе которого расположен мегаспорангий.

Мегаспоры (крупные споры) — споры разноспоровых растений, которые образуются в результате мейотического деления материнской клетки (археспориальной клетки). Мегаспор образуется четыре (тетрада).

Микроспорангий — спорангий разноспоровых растений, в котором образуются микроспоры. У высших споровых растений он шаровидный с однослойной стенкой. У голосеменных растений он остается с однослойной стенкой, но подвешен на микроспорофилле. У покрытосеменных микроспорангий преобразован в гнездо пыльника. Его стенка имеет следующие слои: эпидермальный, субэпидермальный (фиброзный), дегенерирующий и выстилающий.

Микроспорофилл — лист, в пазухе которого расположен микроспорангий.

Микроспоры (мелкие споры) — споры разноспоровых растений, которые образуются в результате мейотического деления материнских клеток (спорогенной ткани). Из каждой материнской клетки образуется по четыре микроспоры, а всего их образуется очень много.

Мхи — отдел высших споровых растений, тело которых представлено слоевищем или расчленено на стебель и листья. Растения двудомные (кукушкин лен) или однодомные (сфагнум). На них образуются архегонии с яйцеклетками и антеридии со сперматозоидами, расположенные на верхушках стеблей. При наличии капельно-жидкой влаги сперматозоиды с токами воды переносятся к архегониям и оплодотворяют яйцеклетки. Образуется зигота, из которой развивается диплоидная коробочка на ножке — спорофит, живущий за счет гаметофита. В коробочке специальная спорогенная ткань делится путем мейоза, в результате чего образуются гаплоидные споры. Споры выпадают на почву, где из них вырастают сначала похожие на водоросли предростки (протонемы), а затем на них — новые гаплоидные растения мха. В цикле развития мхов преобладает гаметофит, поэтому они являются тупиковой ветвью эволюции. Мхи сохраняют воду в почве, создают благоприятные условия для прорастания семян и обитания животных. Основными торфообразователями являются сфагнум и кукушкин лен (см. рис. 15).

Низшие растения (талломные, или слоевищные) — растения, тело которых не подразделено на органы и ткани; оно может быть одноклеточным, колониальным или многоклеточным (слоевище водорослей, лишайников). Органы полового размножения (оогоний и антеридий) и спорангии — одноклеточные.

Оогоний (греч. «оон» — яйцо, «гоне» — рождение) — женский орган полового размножения низших растений (водорослей) и некоторых грибов (оомицетов). Обычно он одноклеточный, внутри несет одну или несколько яйцеклеток.

Оплодотворение — слияние сперматозоида (спермия) с яйцеклеткой. У споровых растений для оплодотворения необходима вода, которая переносит сперматозоиды, у семенных растений спермии (обычно их два) доставляются по пыльцевой трубке. У голосеменных в оплодотворении участвует один из спермиев. Для покрытосеменных характерно двойное оплодотворение (участвуют два спермия).

Папоротники — отдел высших споровых растений. В лесах умеренной зоны это многолетние травы, в тропиках — древовидные

формы и лианы (см. рис. 17). Имеют стебли (у трав — корневища), придаточные корни и листовидные органы вайи, на которых обычно расположены спорангии, в которых путем мейоза образуются гаплоидные споры. Из спор на почве развиваются заростки (обоеполые гаплоидные гаметофиты) в виде зеленой пластинки с ризоидами. На них формируются гаметангии — архегонии и антеридии. С водой сперматозоиды из антеридиев переносятся в архегонии, проникают через шейку в брюшко и оплодотворяют яйцеклетку, в результате образуется зигота, из которой вырастает новый папоротник — диплоидный спорофит. В цикле развития преобладает бесполое диплоидное поколение — спорофит. Древовидные папоротники палеозоя дали залежи каменного угля.

Пастеризация — метод обеззараживания пищевых продуктов, не переносящих высокой температуры или меняющих при ее воздействии свои питательные и вкусовые качества (молоко, сливки, соки, вино, пиво и др.). Метод предложен французским ученым Луи Пастером и назван в его честь. Суть метода заключается в нагревании продуктов до температуры ниже 100 °С. (от 60 до 98 °С), время обработки составляет от нескольких секунд до 30 мин. При этом погибают все бактерии, содержащиеся в продуктах, но бактериальные споры, покрытые толстой оболочкой, сохраняются.

Плауны — высшие споровые растения. В настоящее время представлены многолетними вечнозелеными травами, живущими до 100 лет. Стебель, стелющийся по поверхности почвы, по всей длине укореняется с помощью придаточных корней, листья мелкие, шиловидные. На прямостоячих стеблях образуются спороносные колоски со спорангиями, в которых путем мейоза из спорогенной ткани (2n) образуются гаплоидные споры. Споры высыпаются на почву, где по прошествии 12–15 лет из них развивается гаплоидный заросток с архегониями и антеридиями (обоеполый гаметофит), питающийся гетеротрофно за счет симбиоза с грибами. После оплодотворения в архегонии образуется зигота, из которой вырастает новый плаун (диплоидный спорофит). В цикле развития преобладает спорофит. Многие плауны занесены в Красную книгу и находятся под охраной. Древние древовидные плауны вымерли в палеозое, дав залежи каменного угля.

Разноспоровость — свойство высокоорганизованных высших растений. Их споры четко различаются по количеству и разме-

рам. Микроспоры мелкие, образуются в большом количестве, при прорастании развиваются в мужской гаметофит. Мегаспоры крупные, образуются в мегаспорангии по четыре штуки, при прорастании развиваются в женский гаметофит. У споровых растений они выпадают на почву, у семенных — остаются в мегаспорангии, при этом из четырех мегаспор одна развивается, а три отмирают (рис. 18, 19, 20, табл. 64).

Ринии — первые наземные, ныне вымершие, высшие споровые растения, обитавшие на Земле в силурийском и девонском периодах палеозойской эры; предки высших споровых растений. Их тело было представлено безлистными фотосинтезирующими ветвящимися стеблями, на концах веточек которых находились спорангии. Их называют голоросли. В цикле развития преобладал спорофит.

Семенные папоротники — первые семенные растения, которые произрастали на Земле в конце палеозоя и вымерли в начале мезозоя. Своими крупными листьями они напоминали папоротники, но в то же время размножались семенами. Предки голо- и покрытосеменных растений.

Семенные растения — голосеменные и покрытосеменные растения, победившие в борьбе за существование в мезозойскую эру. Размножаются семенами. Пыльца переносится с помощью ветра. На смену сперматозоидам, передвигавшимся в воде, пришли спермии, которые поступают в семязачатки по пыльцевой трубке при прорастании пыльцы. Женские заростки развиваются внутри семязачатка и защищены от высыхания, повреждения и вытаптывания. Все это дало преимущества семенным растениям перед споровыми в условиях сухости, наступившей в мезозое.

Семя — орган размножения и расселения голосеменных и покрытосеменных растений. Образуется из семязачатка в результате оплодотворения. Оно состоит из кожуры, зародыша и запасающей ткани — эндосперма. У голосеменных семя лежит открыто (голо) на семенной чешуе шишки, у покрытосеменных — внутри плода.

Семязачаток (семяпочка) — видоизмененный мегаспорангий семенных растений, в котором происходит образование мегаспор, развитие женского гаметофита и оплодотворение, в результате чего образуется семя. Семязачатки голосеменных лежат открыто на семенной чешуе шишек, у покрытосеменных — внутри завязи.

Синдром приобретенного иммунодефицита (СПИД). Первые случаи СПИДа были зарегистрированы летом 1981 г. в США. Вирус — возбудитель СПИДа был открыт в 1983 г. В настоящее время его принято называть вирусом иммунодефицита человека (ВИЧ); он относится к группе ретровирусов. В состав этого вируса входят две нити РНК и фермент ревертаза, способный осуществлять обратную транскрипцию, т. е. передачу генетической информации от РНК к ДНК. ВИЧ обладает уникальной изменчивостью, которая в 5 раз превышает изменчивость вируса гриппа и в 100 раз выше, чем у вируса гепатита В. Инфекция начинается на клеточном уровне, когда вирус поражает Т-лимфоциты. Для СПИДа характерен очень длительный инкубационный (латентный, скрытый) период, т. е. период, в течение которого не проявляются внешние признаки болезни. У взрослых он составляет в среднем около 5 лет, но возможно, что ВИЧ может сохраняться в организме человека пожизненно. Проявления СПИДа разнообразны: поражение центральной нервной системы (вплоть до хронического менингита и слабоумия), а также лейкозы и образование опухолей. ВИЧ распространяется при половых контактах (как гомо-, так и гетеросексуальных), при переливании зараженной донорской крови, при использовании плохо простерилизованных медицинских инструментов. Считается, что через воздух, воду, пищу, укусы насекомых ВИЧ не передается.

Слоевище (греч. «таллом») — тело низших растений, не разделенное на ткани и органы (корень, стебель, лист). Оно состоит из одинаковых многочисленных клеток, лежащих в один или несколько слоев. Слоевище имеет различную форму: у водорослей оно шаровидное, нитевидное, лентовидное, пластинчатое или напоминающее высшие растения, величиной от нескольких миллиметров до десятков метров; у лишайников — кустистое, листовидное, бородовидное или похожее на разноцветную накипь. Слоевище характерно и для высших растений, но это наиболее древние мхи (печеночники) и заростки папоротников, хвощей и плаунов.

Спора — у высших растений это специализированная гаплоидная клетка, образующаяся в спорангии в результате мейотического деления; служит для бесполого размножения растений. У высших споровых споры прорастают вне спорангиев и образуют заросток с архегониями и антеридиями (или раздельнополый). У семенных растений споры бывают двух типов — микроспоры (мелкие споры) и мегаспоры (крупные споры). Микроспоры образуются внутри микроспорангиев и преобразуются в пыльцу —

мужской гаметофит. Мегаспоры образуются в мегаспорангиях, и там же одна из них прорастает в женский гаметофит (первичный эндосперм с двумя архегониями) у голосеменных или в зародышевый мешок (без архегониев) у покрытосеменных. Три оставшиеся мегаспоры редуцируются. У семенных растений видоизмененный мегаспорангий — семязачаток, из него образуется семя.

Спорофит — бесполое диплоидное поколение в цикле развития растения, которое чередуется с половым гаплоидным поколением гаметофитом (см. рис. 16). Спорофит развивается из зиготы, на нем образуются спорангии со спорами. У бурых водорослей (ламинария), папоротников, хвощей, плаунов спорофит и гаметофит представляют собой разные особи, при этом гаметофит микроскопически мал. У мхов оба поколения находятся на одной особи и гаметофит является листостебельным растением, а спорофит — коробочка на ножке. У голосеменных и покрытосеменных растений оба поколения также находятся на одной особи, но преобладает спорофит, а гаметофиты — мужские (пыльца) и женские (первичный эндосперм и зародышевый мешок) — редуцированы и микроскопически малы.

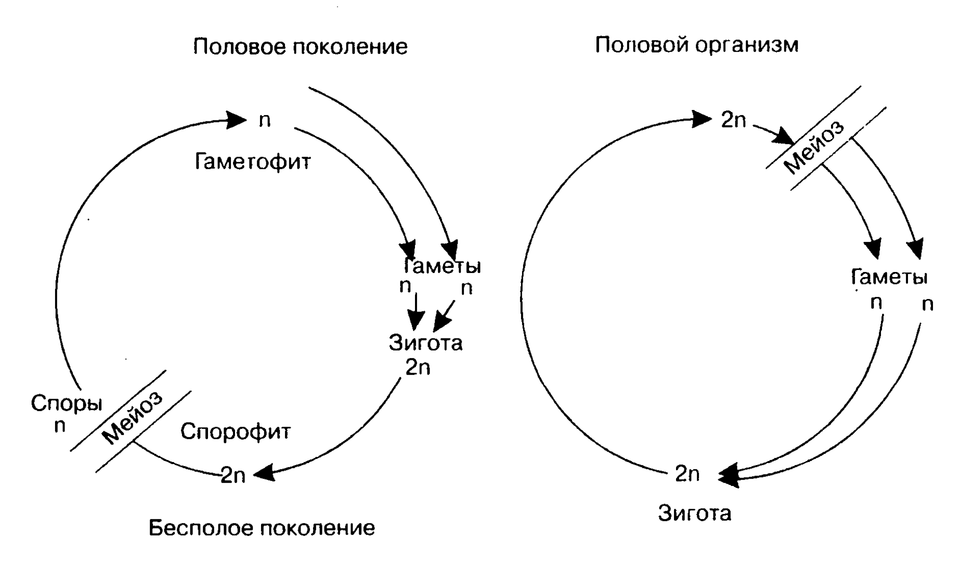
Стерилизация (от лат. «стерилис» — бесплодный) — уничтожение микроорганизмов в пищевых продуктах, лекарственных растворах, на медицинских инструментах. Производится путем кипячения в течение 15–20 мин либо обработкой в сухожарочном шкафу или в автоклаве при повышенном давлении. Перед обработкой инструменты должны быть тщательно вымыты. Предметы и материалы, не переносящие нагревания, стерилизуют химическими средствами (спиртом, формалином, специальными растворами) или ионизирующим излучением. При стерилизации погибают все бактерии, а также их споры.

Хвощи — высшие споровые растения отдела хвощевидных. В настоящее время представлены многолетними травами, имеющими членистое (метамерное) строение стебля, мелкие чешуевидные листья, расположенные мутовками на узлах, и ветвящееся корневище. Фотосинтез осуществляется зелеными стеблями. На верхушках стеблей в спороносных колосках образуются спорангии, в которых путем мейотического деления формируются споры. Гаплоидные споры выпадают на почву и прорастают в заростки (раздельнополые или обоеполые гаметофиты) с архегониями и антеридиями. При наличии воды сперматозоиды переносятся в архегоний, где происходит оплодотворение яйцеклетки и образование зиготы, из которой развивается новый хвощ. В цикле

развития преобладает спорофит, для которого характерны как надземные зеленые и бурые (спороносные) побеги, так и подземные — корневища с клубеньками, запасающими крахмал. Хвощи являются сорняками полей, особенно на кислых почвах, встречаются в лесах, на болотах. Стволы древовидных хвощей каламитов обнаруживают в пластах каменного угля палеозоя.

Цианобактерии (синезеленые) — отдел царства прокариот (дробянок). Представлен автотрофными фототрофами. Жизненные формы — одноклеточные, колониальные, многоклеточные организмы. Их клетка покрыта слоем пектина, расположенного поверх клеточной мембраны. Ядро не выражено, хромосомы расположены в центральной части цитоплазмы, образуя центроплазму. Из органелл имеются рибосомы и парахроматофоры (фотосинтезирующие мембраны), содержащие хлорофилл, каротиноиды, фикоциан и фикоэритрин. Вакуоли только газовые, клеточный сок не накапливается. Запасные вещества представлены зернышками гликогена. Цианобактерии размножаются только вегетативно — частями таллома или специальными участками нити — гормогониями. Представители: осциллятория, лингбия, анабена, носток. Обитают в воде, на почве, на снегу, в горячих источниках, на корке деревьев, на скалах, входят в состав тела некоторых лишайников.

Цикл развития растения (*А*) и животного (*Б*) в сравнительном плане. У растения выражено чередование поколений — полово-



го (гаметофита) и бесполого (спорофита). У животных чередование поколений встречается крайне редко (кишечнополостные), остальные животные представлены половым поколением, но с диплоидным набором хромосом, гаплоидные у них только половые клетки (гаметы).

Шишка — орган семенного размножения голосеменных, обычно хвойных растений. В пыльниковых (мужских) шишках формируется пыльца: на семенных (женских) шишках после оплодотворения яйцеклеток из семязачатков образуются семена.

Яйцеклетка — женская гамета (половая клетка) растений. Она гаплоидная. Образуется у низших растений в оогониях, у высших растений — в архегониях. У покрытосеменных — в зародышевом мешке, поскольку у них архегонии редуцированы и яйцеклетку сопровождают две клетки-спутницы (синергиды), играющие вспомогательную роль в процессе оплодотворения.

СТРОЕНИЕ ПОКРЫТОСЕМЕННОГО (ЦВЕТКОВОГО) РАСТЕНИЯ

Общие указания. С конца мелового периода мезозойской эры на Земле начинают господствовать *покрытосеменные растения*, которые приобрели целый ряд преимуществ по сравнению с другими высшими растениями, в том числе голосеменными. На этот же период приходится наибольшее распространение насекомых, птиц и млекопитающих, которые связаны между собой цепями питания, приспособлениями к размножению и обитанием в одинаковых условиях среды. Жизненные формы покрытосеменных представлены деревьями, кустарниками или травами, что обусловливает их наибольшую экологическую пластичность и распространение на суше во всех природных зонах и в водных бассейнах. Их основные вегетативные органы — корень, стебель и лист, имеющие многочисленные видоизменения — самые специализированные по строению и функциям.

Покрытосеменные растения, как и голосеменные, размножаются с помощью *семян*, но семена их защищены *околоплодником*, что способствует их лучшему сохранению и распространению. А появление *цветка — органа семенного размножения*,

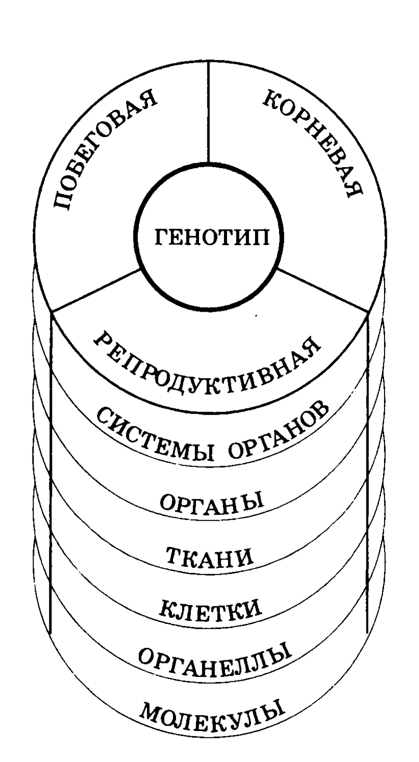
который (в целом) дает новое поколение (репродукцию), ставит этот отдел растений в положение самых высокоорганизованных представителей растительного царства (см. рис. 15, 16).

ТЕМА. Растение — целостный организм

Взаимосвязь органов. Основные жизненные функции растительного организма и его взаимосвязь со средой обитания. Растительные ткани.

Тело цветкового растения, как и любого другого, представляет собой живую саморегулирующуюся и самовоспроизводящуюся систему. В основе ее организации лежит заложенная предковыми формами совокупность признаков и свойств — генотип. Именно генотипом детерминированы (предопределены) основные системы органов — побеговая (стебель с листьями), корневая и репродуктивная (органы размножения — цветок, семя, плод). На схеме 38 показана взаимосвязь органов и единство уровней их организации у растительного организма — от молекулярного до системного. Для каждого уровня характерно свое строение и функции. Изменения любой системы или ее уровня отражаются на жизнедеятельности целого организма.

Схема 38



Цветковое растение, как правило, развивается из зародыша семени, который устроен довольно просто: имеет зачаточные органы и ткани, представленные в основном образовательными. По мере прорастания семени зародыш начинает увеличиваться и развивается в проросток, у которого хорошо выделяются корневая и побеговая системы. На рис. 22 показано строение такого проростка (название органов и их частей можно давать по мере повторения материала).

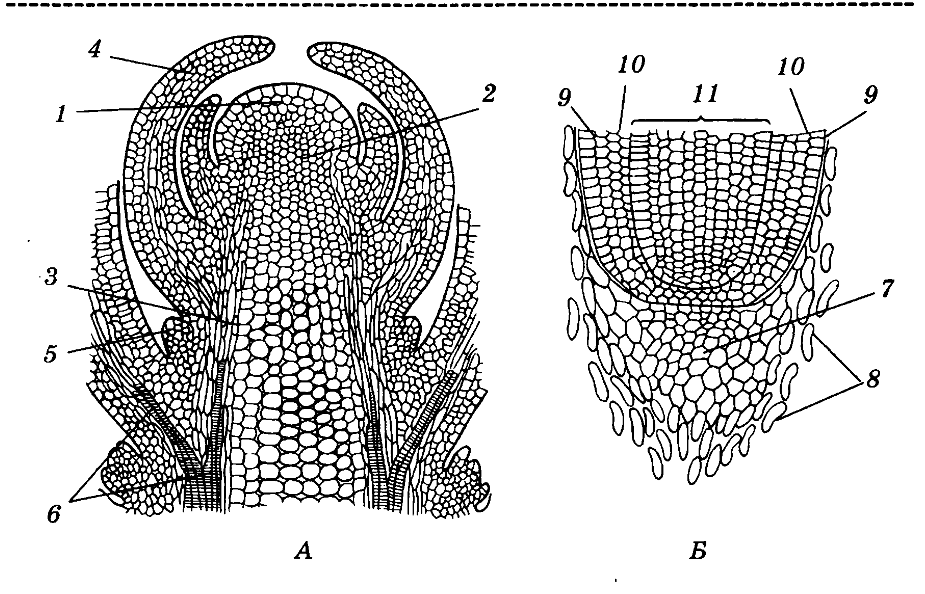


Рис. 21. Продольный разрез через конусы нарастания: *А* — стебель, *Б* — корень:

1 — верхушечная меристема протодерма, *2* — основная меристема, *3* — прокамбий, *4* — зачаток листа, *5* — зачаток пазушной почки, *6* — спиральные трахеиды и сосуды молодого листа и стебля, *7* — корневой чехлик, *8* — слущивающиеся клетки корневого чехлика, *9* — протодерма (дерматоген), *10* — основная меристема (периблема), *11* — прокамбий (плерома)

В настоящем разделе на примере покрытосеменного растения следует более детально повторить материал по вегетативным органам растения и их видоизменениям, а также ткани. *Тканью* называют группу клеток, имеющих одинаковое происхождение, строение, положение и функцию. Затем необходимо рассмотреть репродуктивные органы — цветок, семя, плод. В заключение на основе знания главных признаков покрытосеменных растений следует проанализировать их классификацию, т. е. деление на классы двудольных и однодольных и на семейства.

Задание 21

- Изучить классификацию и строение растительных тканей по таблицам 67, 68, рисунку 21, схемам 39–40.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 29.
- Повторить по словарю термины и понятия.

Таблица 67. Растительные ткани

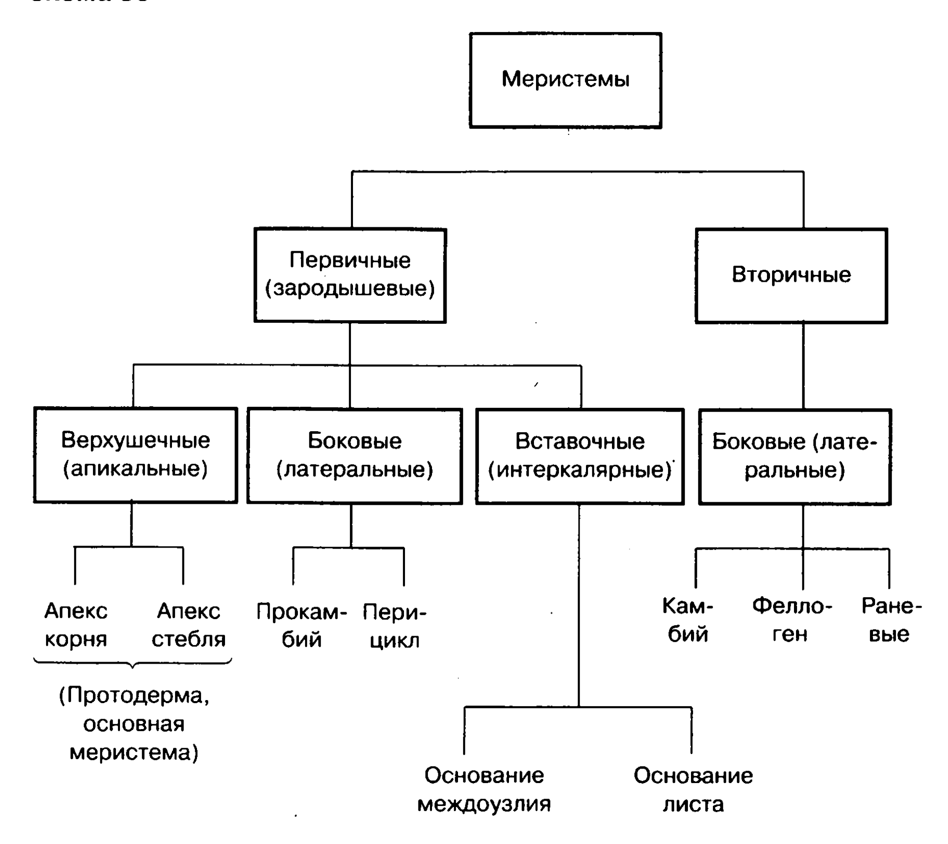
Название ткани	Строение	Местонахождение	Функции
Образовательная (меристема): 1. Верхушечная	Молодые тонкостенные клетки с крупным ядром и густой цитоплазмой, делятся путем митоза	1) Почки побегов, кончики корней (конусы нарастания)	Рост органов в длину благодаря делению клеток, образование тканей корня, стебля, листьев, цветков
2. Вставочная		2) Основания междоузлий стебля и основания листа	
3. Боковая (камбий)		3) Между древесиной и лубом стеблей и корней	Рост корня и стебля в толщину; камбий внутрь откладывает клетки древесины, наружу — клетки луба
Покровная: 1. Кожица (эпидерма)	Плотно сомкнутые живые клетки с утолщенной наружной стенкой и устьицами	Покрывает листья, зеленые стебли, все части цветка	Защита органов от высыхания, колебаний температуры, повреждений
2. Пробка (перидерма)	Мертвые клетки, стенки пропитаны жироподобным веществом суберином. Чечевички	Покрывает зимующие стебли, клубни, корневища, корни	
3. Корка (покровный комплекс)	Много слоев пробки и других мертвых тканей	Покрывает нижнюю часть стволов деревьев	

Проводящая: 1. Сосуды	Полые трубки с одревесневающими стенками и отмершим содержимым	Древесина (ксилема), проходящая вдоль корня, стебля, жилок листьев	Проведение воды и минеральных веществ из почвы в корень, стебель, листья, цветки
2. Ситовидные трубки	Вертикальный ряд живых клеток с ситовидными поперечными перегородками	Луб (флоэма), расположенный вдоль корня, стебля, жилок листьев	Проведение органических веществ из листьев в стебель, корень, цветки
3. Проводящие сосудисто-волокнистые пучки	Комплекс из древесины и луба в виде отдельных тяжей у трав и сплошного массива у деревьев	Центральный цилиндр корня и стебля; жилки листьев и цветков	Проведение по древесине воды и минеральных веществ; по лубу — органических веществ; укрепление органов, связь их в единое целое
Механическая (волокна) склеренхима	Длинные клетки с толстыми одревесневающими стенками и отмершим содержимым	Вокруг проводящих сосудисто-волокнистых пучков	Укрепление органов растения благодаря образованию каркаса — арматурная ткань
Основная: 1. Ассимиляционная	Столбчатая и губчатая ткань с большим количеством хлоропластов	Мякоть листа, зеленые стебли	Фотосинтез, газообмен
2. Запасающая	Однородные тонкостенные клетки, заполненные зернами крахмала, белка, каплями масла, вакуолями с клеточным соком	Корнеплоды, клубни, луковицы, плоды, семена	Отложение в запас белков, жиров, углеводов (крахмал, сахар, глюкоза, фруктоза)

Таблица 68. Меристемы (образовательные ткани)

Признаки	Группы меристем		
	первичные		вторичные
Для каких растений характерны	Для всех		Для двудольных и голосеменных
Где закладываются	В зародыше семени		В сформированных тканях
Где находятся	В верхушках корней и стеблей		В боковых частях органов
Примеры меристем, их местоположение и функции	Верхушечные (апикальные) — протодерма и основная меристема	Апекс (верхушка) корня и апекс стебля — нарастание органов в длину	
	Боковые (латеральные)	Прокамбий — образование первичной ксилемы и первичной флоэмы. Перицикл — образует камбий и феллоген	***Камбий*** — расположен между ксилемой и флоэмой. Образует вторичную ксилему и вторичную флоэму. Обеспечивает нарастание органов в толщину. ***Феллоген (пробковый камбий)*** расположен между феллемой (пробкой) и феллодермой. Образует комплекс перидермы (феллоген, феллема, феллодерма)
	Вставочные (интеркалярные)	В основаниях междоузлий; обеспечивают рост стебля в длину и рост листа	

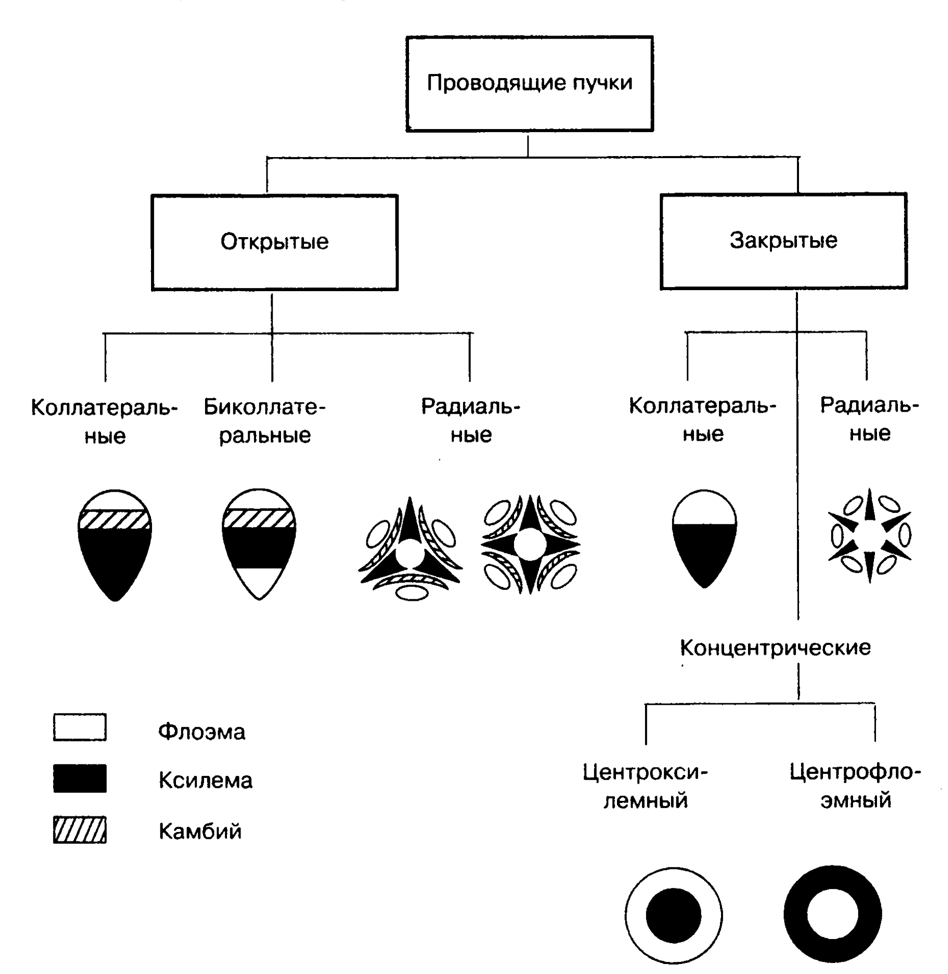
Схема 39



Вопросы для самоконтроля (ткани)

- Что называют тканью в растительных организмах?
- У каких растений впервые появились ткани?
- Какие главные группы тканей выделяют у растений?
- Как классифицируют образовательные ткани и от чего зависит их название?
- Чем покрыты, например, листья, побеги, основание ствола 20-летней яблони?
- Какая проводящая ткань находится в древесине и какую она выполняет функцию?
- Все ли органы растения имеют древесину?
- Какая проводящая ткань находится в лубе?
- Как называется проводящий комплекс, состоящий из древесины и луба?
- Из каких тканей образован внутренний «скелет» растений?
- Какая ткань образует сердцевину стебля, запасает питательные вещества, осуществляет фотосинтез, накапливает воздух, воду?

Схема 40. Проводящие пучки



Контрольная работа № 29

1. Из каких тканей образуются все другие ткани (из покровных, проводящих, меристематических, основных)?
2. К каким тканям относятся прокамбий, камбий (к основным, покровным, проводящим, образовательным)?
3. Какие ткани относятся к первичным меристемам (камбий, прокамбий, феллоген); какие — ко вторичным (камбий, прокамбий, феллоген)?
4. Какой способ деления характерен для клеток апикальных меристем (митоз, мейоз, амитоз)?

5. Какие ткани выполняют покровную функцию (феллоген, эпидерма, камбий, перидерма)?

6. Что проводят сосуды (сахара, воду); ситовидные трубки (сахара, воду)?

7. Каков состав ксилемы (сосуды, древесные волокна, древесная паренхима, ситовидные трубки)?

8. Каков состав флоэмы (сосуды, ситовидные трубки, лубяные волокна, лубяная паренхима)?

9. Какие ткани выполняют механическую функцию (эпидерма, лубяные волокна, паренхима, древесные волокна)?

10. Какие ткани выполняют в зерновках запасающую функцию (проводящая, покровная, основная, образовательная)?

Словарь основных терминов и понятий

Древесина (греч. «ксилема») — комплекс тканей, расположенных внутрь от камбия или в проводящих пучках. Она состоит из сосудов (проводящая ткань), древесных волокон (механическая ткань), древесной паренхимы (основная ткань). Служит для проведения воды и минеральных солей от корня к стеблю и листьям, а также является опорой растения.

Камбий — образовательная ткань корня и стебля, состоящая из клеток, при делении и дифференцировке которых с внутренней стороны от слоя камбия откладывается древесина, с внешней — луб. Характерен для голосеменных и двудольных покрытосеменных растений. Камбиальное кольцо бывает, как правило, одно, за исключением корня свеклы, имеющего несколько камбиальных колец.

Классификация тканей. Ткань — группа клеток, имеющих одинаковое происхождение, строение и выполняющих одинаковую функцию. У растений выделяют следующие типы тканей: образовательные (меристемы) — верхушечные (конус нарастания), вставочные, боковые (камбий, пробковый камбий, раневая); покровные — кожица (эпидерма), пробка; **проводящие** — сосуды (трахеи), трахеиды, ситовидные трубки; **механические** — волокна и каменистые клетки; **основные** — запасающая, фотосинтезирующая (хлоренхима, столбчатая, губчатая ткани), древесная паренхима, лубяная паренхима, водо- и воздухоносная ткань.

Кожица (греч. «эпидерма») — однослойная покровная ткань листьев и однолетних стеблей растений. На ее поверхности образуется восковой налет, кутикула, волоски, предохраняющие растение от потери воды и перегревания. Для связи с внешней средой имеются устьица, способные открываться и закрываться.

Конус нарастания — верхушечная часть стебля или корня, состоящая из образовательной ткани, клетки которой постоянно делятся путем митоза и дают прирост органу в длину. На верхушке стебля конус нарастания защищен почечными чешуевидными листьями, в нем закладываются все элементы побега — стебель, листья, почки, соцветия, цветки. Конус нарастания корня защищен корневым чехликом (см. рис. 21).

Корка — комплекс отмерших тканей, которые покрывают стволы деревьев и защищают их от обмораживания и потери воды. Периферические слои корки постоянно слущиваются, а обновление происходит за счет клеток коры. От клеток коры корка отделяется слоями пробки, вследствие чего живые ткани оказываются изолированными, не получают воду, воздух, питательные вещества и отмирают. Поскольку слои пробки закладываются все глубже в коре, получается многослойный покровный пласт. У плодовых деревьев корка образуется на 6–8-м, у липы — на 10–12-м, у дуба — на 25–30-м году жизни.

Луб (флоэма) — комплекс тканей, расположенных с внешней стороны от камбия или в проводящих пучках. Он состоит из ситовидных трубок (проводящая ткань), лубяных волокон (механическая ткань), лубяной паренхимы (основная ткань). Функция луба заключается в проведении углеводов (сахаров) от листьев к стеблям и корням — нисходящий ток. У деревьев луб называется корой; его повреждение губительно для растений.

Меристема (греч. «меристос» — делимый) — образовательная ткань, которая появляется по мере деления зиготы. Она формирует тело зародыша, а по мере роста растения перемещается во все его точки роста — верхушки корней, стеблей, в основания междоузлий и листьев. Такие меристемы называются первичными. По положению на растении они подразделяются на верхушечные (апикальные), боковые (латеральные) и вставочные (интеркалярные). Клетки меристем некрупные, с плотной цитоплазмой, без вакуолей, с относительно большим ядром, занимающим центральное положение. Основным свойством меристем является способность делиться путем митоза и дифференцироваться, т. е. преобразовываться в любые другие ткани. Меристемы могут возникать и из уже имеющихся тканей, например из основных тканей или из первичных меристем. Такие меристемы называют вторичными; к ним относятся камбий, феллоген (пробковый камбий), раневые меристемы. Наиболее существенным различием между меристемами является направление деления кле-

ток по отношению к поверхности органа: у первичных меристем клетки делятся в поперечном, радиальном и тангенциальном (параллельном поверхности) направлениях, а у вторичных — только в тангенциальном. Это отражается на порядке расположения образованных ими клеток — клетки, образованные первичной меристемой, лежат беспорядочно, а образованные вторичной — лежат четкими рядами, одна клетка над другой, что особенно четко видно на поперечных срезах корня и стебля. Вторичные меристемы свойственны только двудольным покрытосеменным и голосеменным растениям, первичные же — универсальны. Органы, где функционируют вторичные меристемы, приобретают вторичное строение, а те органы, где функционируют первичные меристемы, имеют только первичное строение. Лист, цветок имеют только первичное строение, даже если они находятся на двудольном растении.

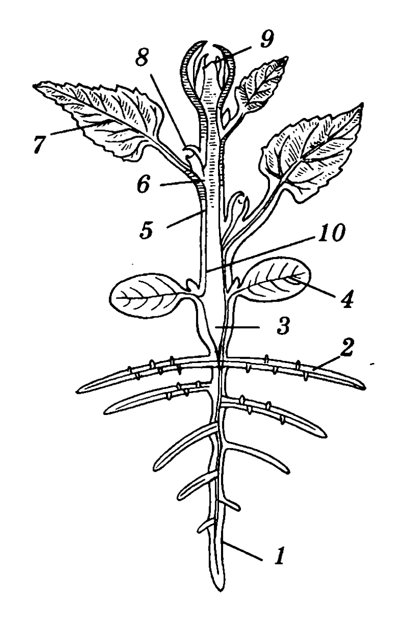


Рис. 22. Схема строения растения

Механические ткани — опорные (арматурные) ткани, формирующие «внутренний скелет» растения. Они классифицируются по нескольким признакам: форме клеток, характеру утолщения клеточных стенок, веществу, входящему в состав клеточных стенок, наличию или отмиранию протопласта и, как следствие этих особенностей, — расположение механических тканей в тех или иных органах и их конкретная функция. Наиболее распространенной механической тканью является склеренхима (греч. «склерос» — твердый, жесткий). Она представлена волокнами — длинными узкими клетками (т. е. прозенхимной формы), с равномерно утолщенной одревесневающей клеточной стенкой и обычно отмершим протопластом. Эта ткань характерна для корня, стебля, листа и даже плодов. Она входит в состав ксилемы (древесные волокна), флоэмы (лубяные волокна), образует обкладку вокруг сосудисто-волокнистых проводящих пучков, особенно у однодольных растений, часто образует мощный слой в зоне перицикла у стеблей. Примером других тканей, которым свойственно одревеснение клеточных стенок, являются

склереиды. В отличие от склеренхимы они имеют паренхимную (округлую, кубовидную) форму клеток, иногда звездчатую или цилиндрическую. Их стенки сильно утолщены, но способны раздревеснevать (т. е. утрачивать лигнин). Склереиды характерны для тканей мезофилла листа (опорные клетки), мякоти сочных плодов (груша, айва) и «косточек» плодов костянок сливы, вишни. Склереиды, входящие в состав плодов, называют каменистыми клетками. В отличие от двух предыдущих типов тканей колленхима имеет определенную специализацию. Она свойственна только двудольным растениям и располагается под эпидермой надземных органов (стебля, листа). Колленхима (греч. «колла» — клей) характеризуется паренхимной формой клеток, наличием живого протопласта (часто с хлоропластами), неравномерным утолщением целлюлозных клеточных стенок, которое придает ткани свойства пружины — тонкие места растягиваются, а утолщенные служат опорой. Это свойство определило место нахождения колленхимы — вблизи поверхности стеблей, растущих в толщину. Кроме того, колленхима образует грани и борозды листовых черешков, а также образует обкладки вокруг жилок листьев.

Образовательная ткань — см. *Меристема*.

Основные ткани — основная паренхима, заполняющая сердцевину стеблей; древесная паренхима, расположенная между сосудами и древесными волокнами в древесине; лубяная паренхима, расположенная между ситовидными трубками и волокнами в лубе; столбчатая ткань — хлорофиллоносная паренхима, расположенная в мякоти листа под верхней эпидермой, а под нижней лежит губчатая ткань; запасающая паренхима — ткань, образующая эндосперм семян, основную массу клубней, корнеплодов, плодов; воздухоносная ткань характерна для водных растений с плавающими листьями и стеблями.

Пробка — покровная ткань растения, которая развивается на смену кожице. Состоит из нескольких слоев отмерших клеток, стенки которых опробковели (покрылись жироподобным веществом суберином), поэтому они не пропускают ни воду, ни воздух и являются хорошим изолирующим и защитным покровом зимующих стеблей, корней, клубней и корнеплодов растений. Связь с внешней средой осуществляется через чечевички. Пробка образуется в результате деятельности пробкового камбия (феллогена), который закладывается в тканях паренхимы первичной коры стебля или из перицикла в корне. Феллоген откла-

дывает в центробежном направлении четкие ряды пробки, а внутрь — более округлые клетки феллодермы (пробковой паренхимы), которая содержит хлоропласты и у стебля сливается с клетками коры. Следовательно, судьба разных слоев перидермы — совокупности пробки, пробкового камбия и пробковой паренхимы — различна — опробковевает и отмирает только пробка (феллема), и она-то и выполняет собственно покровную функцию.

Проводящие ткани — сосуды древесины и ситовидные трубки луба, по которым осуществляется передвижение веществ внутри растения. **Сосуды** — это полые трубки с одревесневающими стенками и отмершим протопластом, они состоят из множества стоящих друг над другом клеток, поперечные перегородки между которыми растворились. По ним поднимается вода с минеральными веществами от корней в стебель и листья. **Ситовидные трубки** состоят из живых клеток с целлюлозными клеточными стенками. Поперечные перегородки между клетками имеют вид сита, через отверстия которого проходят тяжи цитоплазмы. По ним углеводы (сахара) поступают из листьев в стебель и корень.

Проводящий пучок — комплекс тканей, который состоит из древесины и луба. Система проводящих пучков пронизывает все тело растения, обеспечивая передвижение веществ и взаимосвязь корня, стебля и листьев. Наиболее хорошо проводящие пучки заметны в листовых пластинках — это жилки листа. Проводящие пучки классифицируют по двум признакам: взаимоположению древесины (ксилемы) и луба (флоэмы); наличию или отсутствию камбия. Пучки большинства типов могут иметь камбий, т. е. могут являться открытыми (см. схему 40). Открытые пучки свойственны двудольным растениям, закрытые (не имеющие камбия) — однодольным.

I. Вегетативные органы

ТЕМА. Корень

Развитие корня из зародышевого корешка. Виды корней. Типы корневых систем (стержневая и мочковатая). Внешнее и внутреннее строение корня в связи с его функциями. Зоны корня. Рост корня. Поглощение корнями воды и минеральных солей, необходимых растению. Удобрения. Дыхание корней. Значение обработки почвы, внесения удобрений, полива для жизни культурных растений. Корнеплоды (видоизменение корня). Значение корня.

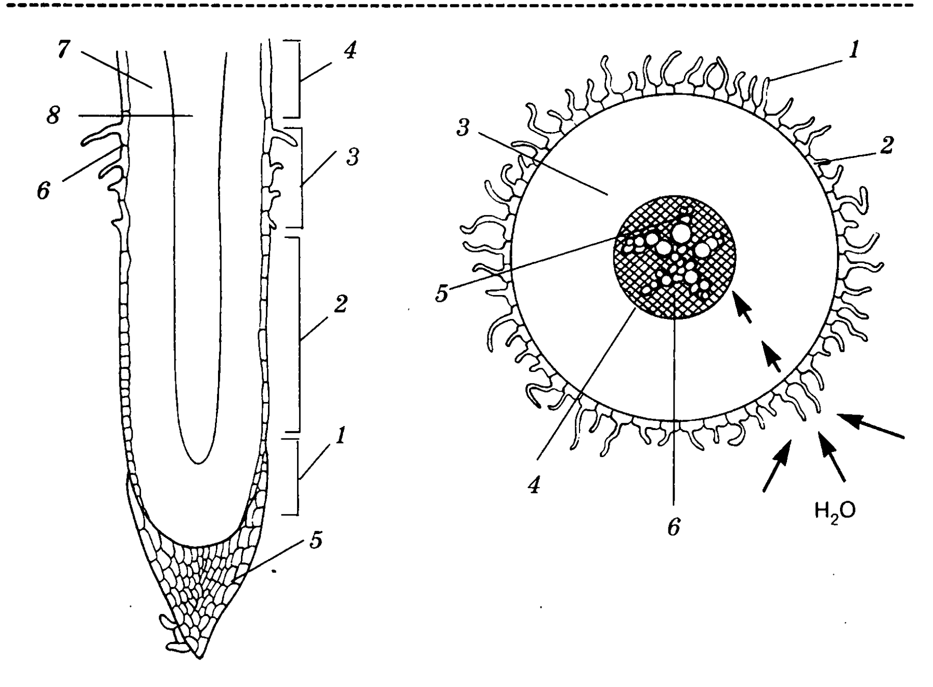


Рис. 23. Продольный разрез корня

Рис. 24. Поперечный срез корня в зоне корневых волосков (*справа*)

Общие указания. Рассматривая проводящую систему корня, проанализируйте рис. 23 и 24, где даны продольный и поперечный разрезы корня в зоне всасывания (зоне корневых волосков). На рисунках показано, что молодой корень состоит как бы из трех вставленных друг в друга цилиндров. Наружный — самый тонкостенный — образован *кожицей корня* (ризодермой) с корневыми волосками. Средний — самый толстостенный — представляет *кору корня*, состоящую из основной ткани. Кора корня играет важную роль в проведении воды и минеральных солей от корневых волосков к центру корня. Внутренний цилиндр, называемый *центральным*, состоит из проводящих комплексов — *древесины* и *луба*. По сосудам древесины поглощенные корнем вода и минеральные соли поднимаются вверх к стеблю и листьям. По *ситовидным трубкам* луба в корень поступают органические вещества, образующиеся в листьях, — глюкоза, сахароза.

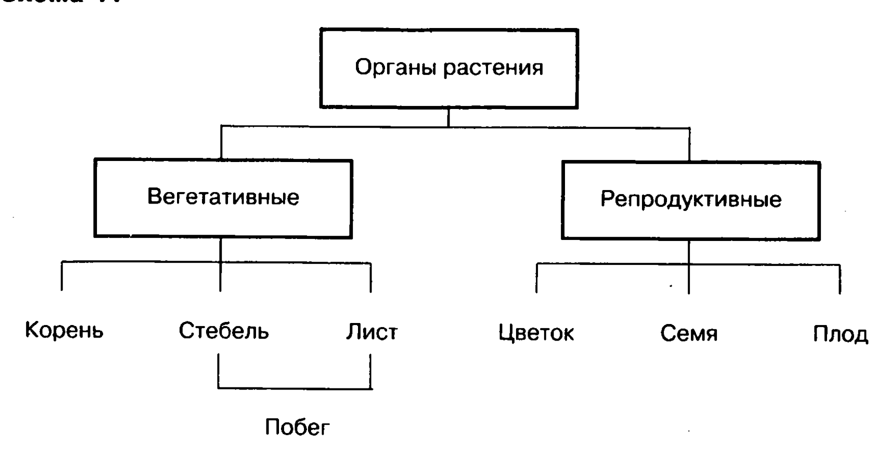
Для осевых вегетативных органов растений — корня и стебля — характерны тропизмы — определенные направления роста.

Корень обладает положительным геотропизмом, т. е. направлен к центру Земли. У стебля, наоборот, положительный гелиотропизм, т. е. рост направлен к солнцу.

Задание 22

- Повторить учебный материал.
- Рассмотреть схему 41.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 30.
- Дать подписи к рисункам 22–24, проанализировать схему 42 и рисунок 25.
- Повторить по словарю термины и понятия.

Схема 41



Вопросы для самоконтроля (корень)

- Дайте определение корня.
- Что называют главным корнем, из чего он вырастает?
- Какие корни называют придаточными?
- Какая форма корневой системы формируется, если развиты только придаточные корни?
- Какую форму обычно имеет главный корень?
- Что входит в понятие «корневая система»?
- Какие зоны выделяют у корней?
- В какой зоне находится верхушечная образовательная ткань?
- Какой процесс происходит в этой зоне?
- Чем отличается зона деления от зоны растяжения?
- Какую функцию и какое строение в связи с этой функцией имеет зона корневых волосков?
- Какую роль играет наружная мембрана корневого волоска в поглощении воды и минеральных солей?
- Что такое осмотическое давление? Как законы диффузии действуют в клетке?
- Куда попадает вода из корневых волосков?

- Есть ли разница в концентрации внутриклеточной среды между клетками коры корня и центрального цилиндра и какой это имеет физиологический смысл?
- Какими тканями представлены кора корня и центральный цилиндр?
- Как создается корневое давление и какое оно имеет значение для попадания воды в весенние безлистные побеги?
- Каким образом поступают минеральные вещества и вода в побеги летом?
- Назовите все функции корней.
- Какие функции корней вызывают их видоизменения?
- Как называют корни редьки, моркови, георгина, повилики?
- Имеют ли развитые корнеплоды дикорастущие растения или это результат селекции и отбора?
- Какие корни формируются при вегетативном размножении растений?
- Каким методом проверяют значение различных химических элементов в жизнедеятельности растения?
- Что такое водные культуры и гидропоника?
- Какое значение имеет почва в жизни растений?
- Как формируется почва?
- Что представляют собой главные типы почв различных природных зон России?
- Какое значение для растения в целом и для жизнедеятельности клетки имеют соли азота, фосфора, калия, натрия?
- В виде каких удобрений вносят эти соли в почву?
- Какие химические элементы называют макро- и микроэлементами?
- Какую роль в почвообразовательных процессах играют бактерии, грибы?
- Какова роль почвы в экологической системе?

Контрольная работа № 30

1. Как называют корень, возникший из зародышевого корешка (боковой, придаточный, главный)?
2. Как называют корень, растущий от стебля, листа (боковой, придаточный, главный)?
3. У каких растений хорошо развит главный корень (мхи, папоротники, голосеменные, покрытосеменные двудольные, однодольные)?
4. Какую форму имеет система придаточных корней (стержневая, мочковатая)?
5. В какой зоне корня происходит митотическое деление клеток (зона всысывания, зона проведения, зона деления, зона растяжения)?
6. Что характерно для коры корня (наличие проводящих тканей, отсутствие проводящих тканей)?

7. Какие ткани представлены в центральном цилиндре корня (покровные, проводящие, основные)?

8. Какие ткани проводят воду с минеральными веществами (ситовидные трубки, сосуды, волокна, камбий)?

9. По каким тканям движутся углеводы (сосуды, ситовидные трубки, камбий)?

10. Как называется выращивание растений на дистиллированной воде с добавлением различных питательных солей (гидропоника, водные культуры)?

Схема 42

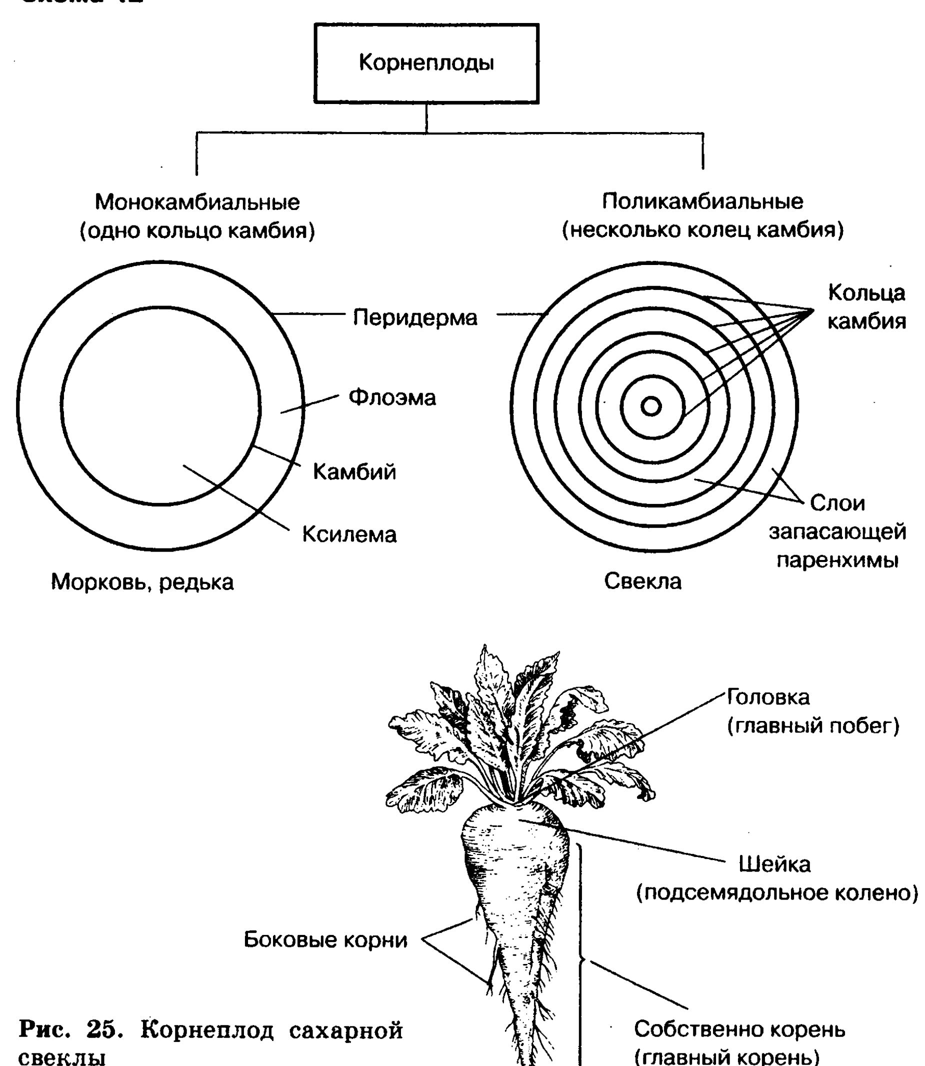


Рис. 25. Корнеплод сахарной свеклы

Словарь основных терминов и понятий

Вегетативные органы — органы (корень, стебель, лист), представляющие тело растения. Они выполняют функции питания, связи со средой обитания и вегетативного размножения (см. рис. 21).

Значение корня — закрепление растения в почве, поглощение воды и минеральных солей, запасание органических веществ, синтез аминокислот и гормонов, дыхание, симбиоз с грибами и клубеньковыми бактериями, вегетативное размножение (у корнеотпрысковых растений).

Зоны корня — участки верхушки растущего корня. Различают: зону деления, или конус нарастания корня, где происходит увеличение числа клеток в результате митотического деления; зону растяжения, в которой увеличиваются размеры клеток; зону всасывания, содержащую большое количество корневых волосков, функция которых состоит в поглощении воды и минеральных солей из почвенного раствора. В этой же зоне формируются проводящие ткани корня. Следующая зона — проведения (опробковевшая зона), так как корень на всем своем протяжении покрыт опробковевшими тканями. Здесь в восходящем направлении осуществляется транспорт воды и минеральных солей по сосудам ксилемы, а в нисходящем — углеводов по ситовидным трубкам флоэмы.

Корень — осевой вегетативный орган растения, обладающий неограниченным верхушечным ростом, положительным геотропизмом, имеющий радиальное строение и никогда не несущий листьев. **Главный** корень образуется из зародышевого корешка; **придаточные** корни развиваются на стеблях и листьях; **боковые** корни представляют собой ответвления любых корней. Корень закрепляет растение в почве, поглощает воду и минеральные вещества, запасает органические вещества, вступает в симбиоз с грибами и бактериями, а у корнеотпрысковых растений (вишня, малина, бодяк, осот) служит для вегетативного размножения.

Корневая система — совокупность всех корней растения. **Стержневая** корневая система имеет хорошо выраженный главный корень стержневой формы (укроп, морковь). **Мочковатая** корневая система состоит из большого числа придаточных корней, одинаковых по величине (лук, рожь). Если у растения хорошо выражен главный корень и развиваются придаточные корни, то формируется корневая система смешанного типа (капуста, помидор).

Корневой клубень — видоизмененный утолщенный боковой или придаточный корень, выполняющий функцию запасания питательных веществ (георгина, батат, аспарагус, лапчатка).

Корневой чехлик — защитный покров на верхушке корня, клетки которого постоянно обновляются за счет деления. Он прокладывает корню проходы в почве и участвует в положительных геотропических реакциях (направление роста корня к центру Земли).

Корнеплод — видоизмененный утолщенный главный корень, который переходит в шейку (разросшееся подсемядольное колено) и головку (укороченный главный побег). Покрыт пробкой. Служит для запасания питательных веществ, а у двулетников (морковь, свекла) — для весеннего возобновления растений и последующего цветения. У корнеплодов моркови одно кольцо камбия, у свеклы — много (рис. 25, схема 42).

Микориза (греч. «микос» — гриб, «риза» — корень) — грибокорень, симбиоз мицелия гриба и корней высшего растения. Чаще всего в микоризе участвуют базидиальные грибы — белый гриб, сыроежка, подберезовик, подосиновик, масленок, мухомор. Гриб участвует в поглощении воды из почвы, способствует усвоению соединений азота, фосфатов, а сам при этом использует углеводы, синтезируемые растением. Гифы гриба образуют вокруг корня плотно сплетенный чехол. Обычно он формируется на сосущих корнях, осуществляющих всасывание почвенного раствора. Эти корни дальше не растут, а образуют разветвления наподобие кораллов. Гифы внедряются по межклетникам в наружные слои первичной коры корня и извлекают оттуда необходимые вещества, сами при этом частично расщепляются ферментами растения и усваиваются им. Симбиотические грибы вне симбиоза не растут, так же как и лесные породы не растут без микоризы. (Это явление наблюдалось в нашей стране при создании полезащитных лесонасаждений в степной зоне, т. е. там, где до этого леса не росли.)

Симбиозы корня. Корни растений образуют симбиозы как с клубеньковыми бактериями, так и с мицелиями грибов. Азотфиксация осуществляется как свободноживущими бактериями (азотобактер), так и живущими в симбиозе с высшими растениями (клубеньковыми бактериями ризобиум). Фиксация происходит под действием фермента нитрогеназы, которая катализирует восстановление свободного азота N_2 до аммика NH_3 с участием АТФ и восстановителя, например ферродоксина.

Затем аммиак NH_3 преобразуется в аминогруппу — NH_2, которая идет на образование аминокислот. Так, за один год бактерии, живущие в симбиозе с растениями семейства бобовых, связывают 170–300 кг азота на 1 га, в то время как свободноживущие — лишь 15–30 кг/га. Поэтому бобовые растения очень богаты белком и являются обязательным компонентом севооборотов.

Строение корня (внутреннее) — различают первичное и вторичное. **Первичное строение** характерно для зоны всасывания корней однодольных и двудольных и для зоны проведения однодольных. Оно формируется за счет первичных меристем и представлено тремя как бы вставленными друг в друга цилиндрами разного диаметра. В самом центре находится узкий центральный осевой цилиндр. Он образован прокамбием и состоит из радиального проводящего пучка с различным числом лучей и однорядного внешнего слоя клеток перицикла. Функция центрального цилиндра — проводящая и механическая. Перицикл является меристемой, образующей боковые корни, а также два вида камбия — межпучковый и пробковый. (Последний характерен для двудольных и голосеменных растений.) Далее расположен самый толстостенный цилиндр — первичная кора. Она образована основной меристемой и представлена основной тканью — паренхимой, выполняющей различные функции: проведение воды и минеральных веществ в радиальном направлении (от поверхности корня к центральному цилиндру), участие в симбиозе и в биосинтезе различных веществ. На пути воды расположен слой, который регулирует ее движение с помощью чередующихся пропускных и водонепроницаемых клеток. Пропускные клетки лежат напротив лучей ксилемы, куда вода и должна попасть. Этот внутренний слой первичной коры называется эндодерма (дословно — «внутренняя кожа»). Третий, самый тонкостенный цилиндр представлен одним слоем клеток ризодермы — кожицы корня (эпиблемы). Каждая клетка этого слоя имеет вырост — корневой волосок, на конце которого расположено клеточное ядро. Стенки клеток остаются целлюлозными, так как через них осуществляется всасывание воды. На данном участке корня ризодерма существует всего несколько дней. **Вторичное строение** корня характерно только для двудольных покрытосеменных и голосеменных растений, т. е. для растений, имеющих вторичные меристемы — камбий и феллоген. В формировании вторичного строения участвует только центральный цилиндр, а первичная кора и ризодерма отмирают и слущиваются. Центральный же цилиндр разрастается в ширину за счет работы кам-

бия, который закладывается из прокамбия, оставшегося между ксилемой и флоэмой радиального проводящего пучка. Снаружи корень покрывается пробкой, образовавшейся из феллогена перициклического происхождения. За исключением первичной ксилемы проводящего пучка, расположенной в центре органа, все ткани корня вторичного строения имеют вторичное происхождение.

Транспорт воды в корне — всасывание воды корневыми волосками из почвенного питательного раствора и проведение ее в радиальном направлении по клеткам первичной коры через пропускные клетки в эндодерме к ксилеме радиального проводящего пучка. Интенсивность поглощения воды корневыми волосками называется сосущей силой (S), она равна разнице между осмотическим (P) и тургорным (T) давлением: $S = P - T$. Когда осмотическое давление равно тургорному ($P = T$), то $S = 0$, вода перестает поступать в клетку корневого волоска. Если же концентрация веществ почвенного питательного раствора будет выше, чем внутри клетки, то вода будет выходить из клеток и наступит плазмолиз — растения завянут. Такое явление наблюдается в условиях сухости почвы, а также при неумеренном внесении минеральных удобрений. Внутри клеток корня сосущая сила корня возрастает от ризодермы по направлению к центральному цилиндру, поэтому вода движется по градиенту концентрации (т. е. из места с большей ее концентрацией в место с меньшей концентрацией) и создает корневое давление, которое поднимает столбик воды по сосудам ксилемы, образуя восходящий ток. Это можно обнаружить на весенних безлистных стволах, когда собирают «сок», или на срезанных пнях. Истекание воды из древесины, свежих пней, листьев называется «плачем» растений. Когда распускаются листья, то они тоже создают сосущую силу и притягивают воду к себе — образуется непрерывный столбик воды в каждом сосуде — капиллярное натяжение. Излишняя вода выделяется в капельно-жидком виде на краях листьев земляники, розы, манжетки, капусты, а в ивовых прибрежных лесах с деревьев буквально льет дождь при безоблачном небе. Корневое давление является нижним двигателем водного тока, а сосущая сила листьев — верхним.

Физиологические типы корней — типы корней в зависимости от выполняемой ими функции. По функции корни бывают следующих типов: 1) р о с т о в ы е (скелетные) — корни, формирующие большую часть корневой системы. Они служат опорой растению, закрепляя его в почве, проводят воду и минеральные веще-

ства в восходящем токе и углеводы — в нисходящем; являются местом синтеза и отложения многих запасных и биологически активных веществ. Покрыты опробковевшей тканью или пробкой; 2) сосущие корни — выполняющие функцию всасывания почвенных растворов. Они несут на себе корневые волоски и вступают в симбиоз с грибами, образуя грибокорень (микоризу). Эти корни тонкие, нежные, медленно растущие, недолговечные. Особенно четко сосущие корни выражены у древесных растений.

Форма корней — весьма разнообразна. По форме корни могут быть: стержневидными (осот), нитевидными (проростки), конусовидными (петрушка, цикорий), реповидными (репа, свекла), веретеновидными (морковь), досковидными (фикусы, стеркулия), клубневидными (цикламен, орхидея ятрышник), столбовидными (баньян — дерево-роща) и др.

Экологические типы корней— типы корней в зависимости от их местообитания. По этому признаку выделяют следующие типы корней: почвенные — расположенные в почве (характерны для большинства растений); воздушные — обитающие в воздухе и не стремящиеся к почве (бромелии, орхидеи, растущие на стволах деревьев); водные — не укореняющиеся на дне (ряска); гаустории — внедряющиеся в тело растения-хозяина (стеблевые паразиты повилика, омела, корневые паразиты заразиха, раффлезия); пневматофоры (дыхательные корни) — растущие вертикально вверх, в воздух, корни, предназначенные для дыхания. Свойственны растениям, произрастающим на тропических болотах (растения мангровых зарослей, например болотный кипарис); втягивающие — заглубляющие в почву основания побегов для сохранения зимующих почек (лилия, амариллис, тюльпан и другие многолетние травы), запасающие — выполняющие функцию запасания питательных веществ. Обычно формируются за счет разрастания паренхимы древесины (корнеплоды редьки, редиса) или луба (корнеплод моркови); захватывающие площадь питания, свойственные корнеотпрысковым растениям (бодяк, осот, вишня, малина, одуванчик); ходульные — дающие дополнительную опору побегам (монстера, баньян); прицепки — прикрепляющие растение к камням, стенам, другим растениям, для того чтобы поднять побеги вверх (плющ, ваниль, тэкома); симбиотические — образующие симбиоз с клубеньковыми азотфиксирующими бактериями (у бобовых растений) или образующие грибокорень в симбиозе с грибами.

ТЕМА. Стебель

Понятие о побеге. Почки листовые и цветочные, их строение и расположение на стебле. Развитие побега из почки. Рост стебля в длину. Ветвление стебля. Формирование кроны. Внутреннее строение древесного стебля в связи с его функциями (кора, камбий, древесина, сердцевина). Рост стебля в толщину. Образование годичных колец. Передвижение минеральных и органических веществ по стеблю. Значение стебля. Видоизмененные побеги: корневище, клубень, луковица, их строение, биологическое и хозяйственное значение.

Задание 23

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Дать подписи к рисункам 27–28, 32–36, рассмотреть таблицу 69.
- Выполнить контрольную работу № 31.
- Повторить по словарю термины и понятия.

Вопросы для самоконтроля (стебель, побег)

- Какой орган растения называют стеблем?
- Чем отличается стебель от побега?
- За счет чего осуществляется ветвление стебля?
- Что представляет собой почка?
- Какова роль конуса нарастания?
- За счет каких тканей стебель нарастает в длину?
- Как подразделяются почки по положению на стебле и по функциям?
- Что такое узел и междоузлие стебля?
- Какой побег называют укороченным, какой — удлиненным?
- Каковы главные отличия травянистых стеблей от стеблей древесных растений?
- Какая ткань покрывает стебель помидора, ствол яблони?

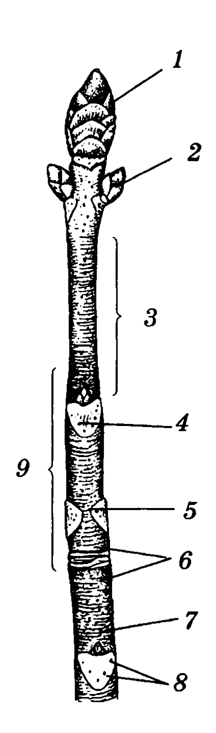


Рис. 26. Побег конского каштана после опадения листьев:
1 — верхушечная почка, *2* — боковая пазушная почка, *3* — междоузлие, *4* — листовой рубец, *5* — узел, *6* — граница годичного прироста с кольцевыми рубцами от почечных чешуй, *7* — чечевички, *8* — листовые следы (проводящие пучки), *9* — годичный прирост

- Какие ткани преобладают в составе древесины ствола липы?
- Какую функцию выполняет древесина в стволе дерева?
- За счет какой ткани формируются годичные кольца древесины?
- Какую функцию выполняет луб в стволе дерева?
- Какое разнообразие формы и направления роста стебля наблюдается у травянистых растений?
- Чем отличаются друг от друга жизненные формы растений: дерево, кустарник, трава (однолетняя, двулетняя, многолетняя)?

Таблица 69. Сравнение осевых органов растений (первичное строение)

Признаки	Корень	Стебель
Направление роста	Положительный геотропизм	Положительный гелиотропизм
Что находится на верхушке	Корневой чехлик	Верхушечная почка
Форма конуса нарастания	Цельный	Расчлененный
Что закладывается в конусе нарастания	Только корень	Стебель, листья, почки
Покров	Ризодерма с корневыми волосками	Эпидерма с устьицами
Части структуры (органа)	Ризодерма, первичная кора, центральный осевой цилиндр	Эпидерма, первичная кора, центральный осевой цилиндр, сердцевина
Соотношение структур	Преобладает первичная кора	Преобладает центральный осевой цилиндр и сердцевина
Что находится в центре	Радиальный проводящий пучок	Сердцевина или полость
Какой нагрузке противостоит	Разрыву, выдергиванию (подобно кабелю)	Излому (подобно трубе)
Синонимы названий меристем	Протодерма — дерматоген Основная меристема — периблема Прокамбий — плерома	Протодерма — туника Прокамбий, Основная меристема } корпус

Окончание табл. 69

Признаки	Корень	Стебель
Какие меристемы образуют различные части структуры	Протодерма — ризодерму Основная меристема — первичную кору Прокамбий — центральный осевой цилиндр	Протодерма — эпидерму Основная меристема — первичную кору и сердцевину Прокамбий — центральный осевой цилиндр
Схема строения		

Контрольная работа № 31

1. Из чего развивается главный стебель (боковая почка, верхушечная почка, почка зародыша семени)?
2. У каких растений в стебле между древесиной и лубом находится камбий (однодольные, двудольные)?
3. Для стеблей каких растений характерны годичные кольца (травянистые, древесные)?
4. Из каких тканей состоит древесина (пробка, сосуды, ситовидные трубки)?
5. Из каких тканей состоит луб (пробка, сосуды, ситовидные трубки)?
6. Сколько камбиальных колец в стволе 15-летней яблони (15, 1)?
7. Сколько годичных колец в основании ствола 10-летней липы (10, 1)?
8. Что можно обнаружить на верхушке корневища пырея (корневой чехлик, верхушечная почка)?

9. Видоизменением какого органа является кочан капусты (цветок, побег, лист)?

10. Какие корни вырастают при размножении крыжовника отводками (боковые, придаточные, главный корень)?

Вопросы для самоконтроля (видоизменения побегов)

- Какое значение в жизни растений имеют видоизменения вегетативных органов?
- Как отличить корневище от корня?
- Какие признаки свидетельствуют о том, что клубень и луковица — видоизменения побега?
- В чем главное отличие клубня от луковицы?
- Чем отличается клубнелуковица от клубня и от луковицы? И наоборот — в чем их сходство?
- Колючка какого происхождения — листового или стеблевого — находится в пазухе листа?
- Чем отличается колючка от шипа?
- Усики огурца побегового происхождения. А какого происхождения усики у гороха?
- Как можно объяснить с точки зрения биоценотических связей способность растений к вегетативному размножению?
- Какие растения — древесные или травянистые — проявляют большие возможности к естественному вегетативному размножению и почему?
- Чем размножают в условиях культуры землянику, смородину, картофель, чеснок, георгины, бегонии?
- Какие корни образуются у растений при вегетативном размножении?

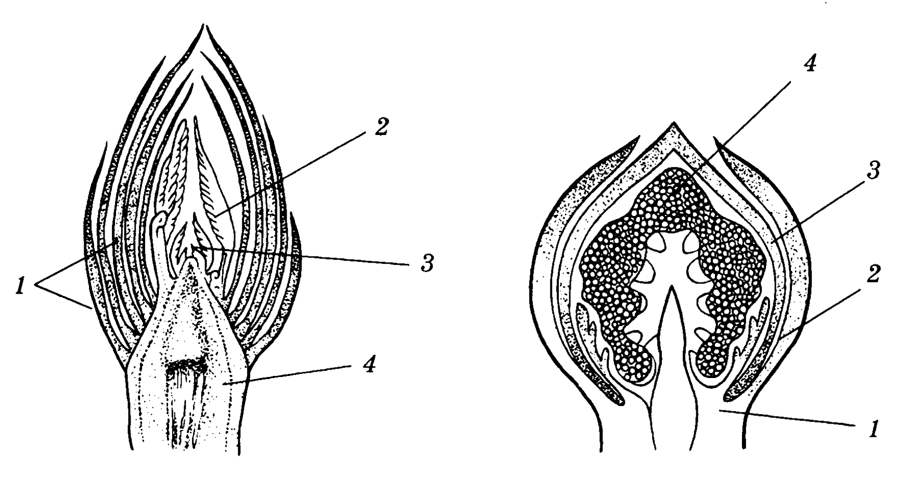


Рис. 27. Строение листовой почки

Рис. 28. Строение цветочной почки (*справа*)

Рис. 29. Типы ветвления побега:
А — дихотомическое (плаун), *Б* — моноподиальное (ель), *В* — симподиальное (черемуха), *Г* — ложнодихотомическое (клен); *1* — ось I порядка ветвления, *2* — ось II порядка ветвления, *3* — ось III порядка ветвления

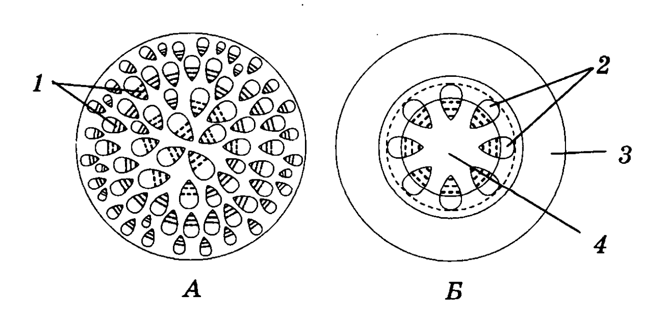


Рис. 30. Сравнение строения стебля травянистых растений:
А — однодольных, *Б* — двудольных; *1* — разбросанные закрытые коллатеральные проводящие пучки, *2* — лежащие по кругу открытые коллатеральные проводящие пучки, *3* — паренхима первичной коры, *4* — паренхима сердцевины (*3*, *4* — у однодольных менее выражены)

Корка
Кора
Древесина
Сердцевина
1 2 3 4 5 6 7

1 2 3 4 5 6 7 7 8 9 10

Рис. 31. Распил ствола дуба:
1 — корка, *2* — кора, *3* — камбий, *4* — заболонная древесина (функционирующая), *5* — ядровая древесина (нефункционирующая), *6* — сердцевина, *7* — сердцевинный луч

Рис. 32. Внутреннее строение стебля дерева на поперечном срезе (*справа*)

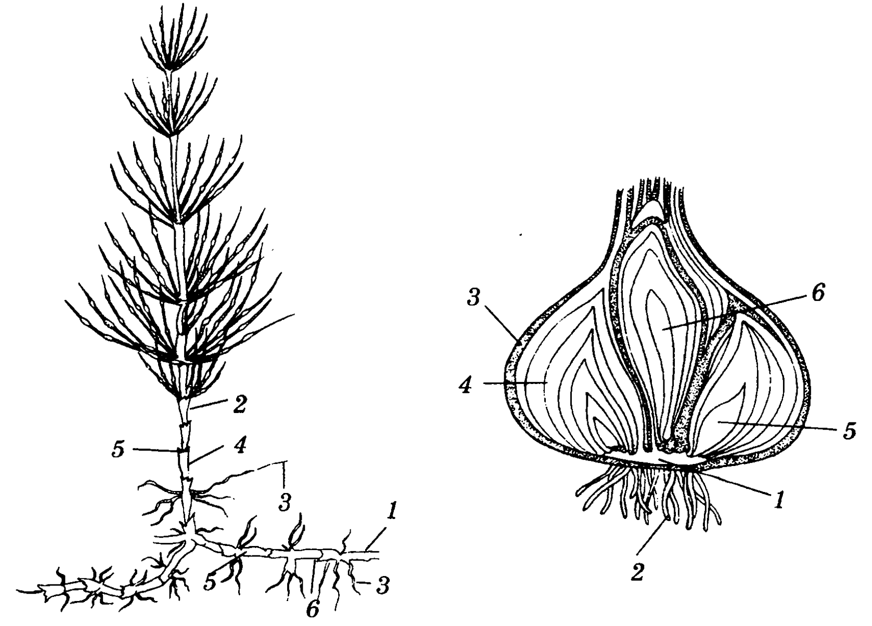


Рис. 33. Корневищное растение хвощ полевой

Рис. 34. Луковица лука (*справа*)

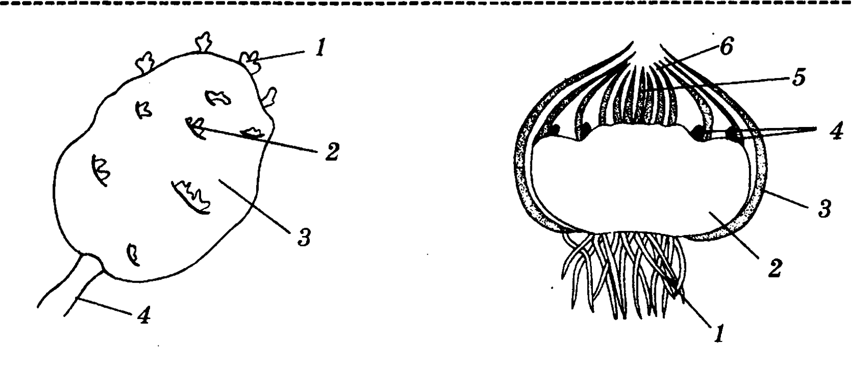


Рис. 35. Клубень картофеля

Рис. 36. Клубнелуковица гладиолуса (*справа*)

Словарь основных терминов и понятий

Ветвление побега — образование боковых побегов, за счет которых формируется все надземное «тело» растений. В ходе эволюции ветвление появилось у талломных (низших) растений; у этих растений точки роста просто раздваиваются. Такое ветвление называется дихотомическим, оно свойственно допобеговым формам — водорослям, лишайникам, печеночникам и антоцеротовым мхам, а также заросткам хвощей и папоротников. У плаунов, не имеющих почек, тоже наблюдается этот тип ветвления (в том числе у их придаточных корней). С появлением развитых побегов и почек возникает моноподиальное ветвление (греч. «моно» — один), при котором одна верхушечная почка сохраняет свое господствующее положение на протяжении всей жизни растения. Такие побеги упорядочены, а кроны стройны (кипарис, ель). Но при повреждении верхушечной почки этот тип ветвления не восстанавливается, и дерево теряет свой типичный внешний вид (габитус). Наиболее поздний по времени возникновения тип ветвления — симподиальный, при котором любая ближайшая почка может развиться в побег и заместить предыдущую. Деревья и кустарники с таким типом ветвления легко поддаются обрезке, формированию кроны и через несколько лет обрастают новыми побегами, не теряя своего габитуса (липа, яблоня, тополь). Разновидностью симподиального ветвления является ложнодихотомическое, которое свойственно побегам с супротивным расположением листьев и почек, поэтому взамен предыдущего побега вырастают сразу два (сирень, клен, чубушник).

Видоизменения вегетативных органов — изменения формы вегетативных органов, возникающие в связи с изменением их функций в ходе естественного или искусственного отбора. Видоизменениями корня являются корнеплоды (морковь, свекла, редька), корневые клубни (георгина); стебля — стеблевые клубни (капуста кольраби, некоторые орхидеи); побега — корневище (пырей, ландыш), клубень (картофель, топинамбур), луковица (тюльпан, лук, чеснок), клубнелуковица (гладиолус), усы (земляника), кочан (капуста), колючка (боярышник); листа — усики (горох), колючки (кактус), сухие чешуи (почки, наружные покровы луковиц, чешуевидные листья корневищ и клубней), сочные чешуевидные листья луковиц (лук, лилия), ловчие аппараты (росянка, венерина мухоловка, пузырчатка, жирянка).

Видоизмененный побег — побег, у которого стебель, листья, почки (или все вместе) необратимо меняют форму и функцию, что представляет собой следствие приспособительных изменений в ходе эволюции. Сходные видоизменения появляются у представителей разных систематических групп растений, что свидетельствует о конвергенции в однородных условиях окружающей среды. *Корневище* — видоизмененный многолетний подземный побег с узлами, междоузлиями, чешуевидными листьями и почками, служащий для вегетативного размножения, возобновления и запасания питательных веществ (пырей, хвощ, ландыш). Корни придаточные. *Клубень* — видоизмененный подземный побег, образующийся на верхушке столона, запасающий питательные вещества в утолщенной стеблевой части и служащий для вегетативного размножения (картофель, топинамбур). Несет пазушные почки. Клубень картофеля при прорастании дает побеги, в пазухах листьев которых закладываются боковые почки. Те почки, которые находятся на уровне или выше уровня почвы, развиваются в зеленые надземные побеги; те же, что в почве, тоже развиваются в побеги, но в другие. Эти побеги называются столоны. Они белого цвета, тонкие, недолговечные, с почками в пазухах чешуевидных листьев. Столоны способствуют удалению будущих молодых клубней от материнского растения. Они могут давать боковые побеги. В верхушечной части столонов накапливаются питательные вещества, затем их рост в длину прекращается и происходит утолщение — так образуются клубни. На одном ветвящемся столоне может быть несколько клубней. Окучивают растение картофеля для того, чтобы как можно больше боковых пазушных почек развились в столоны и, следова-

тельно, чтобы образовалось больше клубней и придаточных корней. *Клубни корневого происхождения* образуются из придаточных и боковых корней, поэтому своих почек не имеют, и такие клубни высаживают с частью побега (георгина). *Клубнелуковица* — укороченный побег, стеблевая часть которого сильно разрастается и запасает питательные вещества. Листья же сухие чешуевидные. В их пазухах образуются из пазушных почек маленькие клубнелуковицы — детки, которые отделяются и служат для вегетативного размножения (гладиолус, шафран). *Луковица* — укороченный побег, стеблевая часть которого представлена плоским утолщением — донцем, от которого растут придаточные корни. Питательные вещества запасаются в сочных чешуевидных листьях, а сухие листья покрывают луковицу. Боковые пазушные почки, разрастаясь, отделяются. Служит для вегетативного размножения и возобновления (лук, чеснок, тюльпан).

Внутреннее строение стебля древесного растения — структура, на поперечном срезе которой выделяют следующие части: пробку, луб, камбий, древесину, сердцевину. *Пробка* — покровная ткань, состоящая из нескольких слоев отмерших клеток; образуется на поверхности зимующих стеблей. *Луб* (*кора*, *флоэма*) — комплекс проводящей (ситовидные трубки), механической (лубяные волокна) и основной тканей, расположенных кнаружи от камбия; служит для проведения углеводов от листьев к корням. *Камбиальное кольцо* — образовательная ткань, состоящая из одного слоя делящихся клеток; наружу откладывает клетки луба, внутрь — клетки древесины. *Древесина* (*ксилема*) — ежегодно нарастающий комплекс проводящей (сосуды), механической (древесные волокна) и основной тканей, расположенных внутрь от камбия; является опорой стебля и служит для проведения воды и минеральных солей от корней к листьям. *Годичное кольцо* — слой древесины, образовавшийся за счет работы камбия в течение одного лета. Характерно для древесных растений (ель, сосна, дуб, береза). *Сердцевина* — основная ткань, расположенная в центре стебля; выполняет запасающую функцию.

Внутреннее строение стебля — у однодольных и двудольных растений имеет принципиальные отличия. У однодольных стебель имеет только первичное строение, поскольку сформирован первичными меристемами. Проводящие пучки закрытые, чаще коллатеральные, разбросанные беспорядочно. Первичная кора представлена ассимиляционной паренхимой (семейство

лилейные), но не всегда хорошо выражена. Так, у ржи, пшеницы она прерывается механической тканью — склеренхимой, а у кукурузы почти совсем отсутствует. Основное место занимает центральный осевой цилиндр с разбросанными пучками и паренхима сердцевины или полость (у стебля соломины). У двудольных стебель имеет сначала первичное строение, которое затем сменяется вторичным. Но первичное строение сразу отличается тем, что проводящие пучки лежат в один круг, даже при отсутствии камбия. Первичная кора представлена колленхимой и ассимиляционной паренхимой. В центральном цилиндре в один ряд по кругу располагаются коллатеральные или биколлатеральные проводящие пучки, в центре большая паренхимная сердцевина. Вторичное строение отличается тем, что в пучках между ксилемой и флоэмой закладывается камбий (из остатков прокамбия) — это пучковый камбий. В центростремительном направлении (т. е. по направлению к центру стебля, внутрь от себя) он откладывает вторичную ксилему, а в центробежном (наружу) — вторичную флоэму, постепенно удаляя друг от друга первичные элементы пучка. Стебель утолщается, к тому же из паренхимы сердцевинных лучей, расположенных между пучками, тоже возникает камбий — это межпучковый камбий. У различных растений он может работать по-разному. У одних растений он откладывает клетки паренхимы, и в этом случае все пучки оказываются отделенными друг от друга (тыква, чистотел, лютик). У других растений межпучковый камбий откладывает клетки ксилемы и флоэмы, и тогда все пучки сливаются в единое кольцо (подсолнечник, гречиха). У стеблей трав не бывает годичных колец и пробковой ткани, поскольку они не зимуют, а живут один вегетационный сезон.

Дерево — жизненная форма растения с одним одревесневающим многолетним стеблем — стволом, на ветвях которого (в кроне) находятся листья, почки, цветки или шишки (сосна, липа, тополь).

Кора — поверхностный слой стебля или корня, представленный живыми функционирующими тканями. У молодых органов кора представлена основной тканью, у зрелых органов она образуется за счет деятельности камбия и содержит элементы луба — ситовидные трубки, лубяные волокна и лубяную паренхиму; выполняет проводящую функцию. У древесных растений наружные слои коры постепенно переходят в корку.

Корневище — видоизмененный многолетний подземный побег травянистых растений с хорошо выраженными узлами и междо-

узлиями, на которых образуются придаточные корни. В пазухах чешуевидных листьев имеются боковые почки, дающие надземные и подземные побеги. Корневища служат для вегетативного размножения, расселения, весеннего возобновления растений (пырей, ландыш, ирис, ревень).

Кустарник — жизненная форма многолетнего растения, одревесневающие боковые побеги которого ответвляются от основания главного побега у поверхности почвы и сходны с ним по размерам (сирень, бузина, крыжовник, смородина). На них расположены зимующие почки.

Побег — стебель с листьями, почками, образующийся в течение одного лета. *Главный побег* — побег, развившийся из почки зародыша семени. *Боковой побег* — побег, появившийся из боковой пазушной почки, за счет которого происходит ветвление стебля. *Удлиненный побег* — побег с удлиненными междоузлиями (огурец, помидор). *Укороченный побег* — побег с укороченными междоузлиями (розетка прикорневая у редиса, моркови, плодушка у яблони, груши). *Вегетативный побег* — побег, несущий листья и почки. *Цветоносный побег* — побег, несущий репродуктивные органы — цветки, затем плоды и семена.

Подсемядольное колено (греч. «гипокотиль») — участок стебля между семядольным узлом и корнем. У растений с надземным прорастанием выносит на поверхность почвы семядольные листья, часто образуя при этом петлевидное колено. У корнеплодов гипокотиль разрастается, образуя шейку (столовая свекла, репа; см. рис. 22, 25). Первое междоузлие над семядольным узлом называется надсемядольное колено (эпикотиль).

Почка — зачаточный, еще не развернувшийся побег, на верхушке которого находится конус нарастания. *Верхушечная почка* — почка, расположенная на верхушке стебля, за счет развития которой побег нарастает в длину. *Боковая пазушная почка* — почка, возникающая в пазухе листа, из которой образуется боковой побег ветвления. *Придаточная почка* — почка, образующаяся вне пазухи (на стебле, корне или листе) и дающая придаточный (случайный) побег. *Листовая почка* — почка, состоящая из укороченного стебля с зачаточными листьями и конуса нарастания. *Цветочная почка* — почка, представленная укороченным стеблем с зачатками цветка или соцветия. *Смешанная почка* — почка, состоящая из укороченного стебля, зачаточных листьев и цветков. *Почка возобновления* — зимующая почка многолетне-

го растения, из которой развивается побег. *Спящая почка* — почка, находящаяся в течение нескольких вегетационных периодов в состоянии покоя.

Рост стебля — увеличение размера в длину и в толщину, которое осуществляется за счет деятельности образовательных тканей. При верхушечном росте стебля происходит деление клеток конуса нарастания, при вставочном — клеток междоузлий стебля. Рост стебля в толщину происходит за счет деятельности клеток камбия, что характерно только для двудольных покрытосеменных и голосеменных растений.

Стебель — осевой вегетативный орган растения, обладающий положительным гелиотропизмом, неограниченным ростом, радиальным строением и несущий листья и почки. Он соединяет два полюса питания растения — корни и листья, выносит листья к свету, запасает питательные вещества. В центре стебля находится сердцевина, или полость. *Главный стебель* — стебель, развивающийся из почки зародыша семени. *Конус нарастания* — многоклеточный массив верхушечной образовательной ткани, которая за счет постоянного деления клеток формирует все органы и ткани побега. *Узел* — участок стебля, от которого отходит лист. *Междоузлие* — участок стебля между двумя узлами. *Подсемядольное колено* — нижний участок стебля между семядольным узлом и корнем. *Надсемядольное колено* — участок стебля между узлом первого настоящего листа и семядольным. *Верхушечный рост* — рост стебля в длину за счет работы конуса нарастания верхушечной почки. *Вставочный рост* — рост стебля в длину за счет работы образовательной ткани в основаниях междоузлий. *Прямостоячий стебель* — стебель, растущий вверх перпендикулярно к поверхности земли. *Ползучий стебель* — стебель, который стелется по поверхности почвы и укореняется с помощью придаточных корней. *Вьющийся стебель* — стебель, обвивающийся вокруг опоры. *Цепляющийся стебель* — стебель, который поднимается вверх, цепляясь за опору с помощью усиков.

Суккуленты (лат. «суккулентус» — сочный) — многолетние растения с сочными листьями (алоэ, агава, толстянка) или стеблями (кактус, молочай), у которых вода накапливается в специальных вместилищах, образованных водоносной паренхимой. Относятся к экологической группе ксерофитов, обитающих в пустынях и в крайне сухих местах.

Трава — жизненная форма растения, характеризующаяся наличием одного или нескольких неодревесневающих побегов. Травы по продолжительности жизни делятся на однолетние, двулетние и многолетние. У дву- и многолетников надземная часть осенью отмирает, а подземная с почками возобновления зимует. Однолетники отмирают полностью, у них зимуют семена. Однолетними травами являются редис, огурец; двулетними — свекла, морковь; многолетними — щавель, хрен, пионы, флоксы.

Узел — участок стебля, от которого отходит один, два или несколько листьев, находятся боковые пазушные почки, образуются придаточные корни. У одних растений узлы хорошо выражены — бамбук, кукуруза, гречиха, укроп, гвоздика; у других (томаты, огурцы) узлы выражены слабее. Участок стебля между двумя узлами называется *междоузлием*. При укороченных междоузлиях узлы сближены (прикорневая розетка редиса, свеклы), при удлиненных — растянуты (огурец, подсолнечник).

ТЕМА. Лист

Внешнее строение листа. Жилкование. Листья простые и сложные. Листорасположение. Особенности внутреннего строения листа в связи с его функциями. Кожица и устьица, основная ткань листа, проводящие пучки. Питание растений из воздуха. Испарение воды листьями. Листопад. Значение листьев в жизни растений. Роль зеленых растений в природе и жизни человека.

Задание 24

- Повторить учебный материал.
- Внимательно изучить таблицу 70.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Дать подписи к рисункам 37, 38, 42, 43.
- Выполнить контрольную работу № 32.
- Повторить по словарю термины и понятия.

Вопросы для самоконтроля

- Какой орган растения называют листом?
- В чем основные отличия листа от остальных вегетативных органов растения?
- Какой лист называют простым, какой — сложным?
- Из каких частей состоит простой лист; сложный лист?
- Какие формы встречаются у простых цельных листьев?

- Как называется жилкование листа, если четко выражена главная жилка?
- В каком случае жилкование называют пальчатым, параллельным, дуговидным?
- Какой тип жилкования листа характерен для двудольных растений; для однодольных растений?
- Какую функцию выполняют жилки листьев?
- Нарисуйте очертания зубчатого, городчатого, пильчатого, выемчатого краев листовой пластинки.
- Какие видоизменения листьев известны и с какими функциями они связаны?
- Какие ткани входят в состав листа?
- Как называются проводящие сосудисто-волокнистые пучки листьев?
- В каких тканях листа происходит фотосинтез?
- Как устроены устьица и какую они выполняют функцию?
- Какой пигмент придает листьям зеленую окраску и какова его роль?
- От чего зависит покраснение и пожелтение осенних листьев?
- С чем связано явление осеннего листопада?
- На какой стороне листовой пластинки расположены устьица у растений водных, засушливых и умеренно влажных местообитаний?

Таблица 70. Лист

Двудольные растения		**Однодольные растения**
листья с перистым жилкованием	**листья с пальчатым жилкованием**	**листья с параллельным, дуговым жилкованием**
Простые цельные листья		
Округлый (осина), сердцевидный (сирень, липа), овальный (орешник), ланцетный (ива)	Почковидный (копытень), щитовидный (настурция)	Линейный (кукуруза, рожь), эллиптический (ландыш), ланцетный (лилия), стреловидный (стрелолист)
Простые с изрезанной листовой пластинкой		
Перистолопастной (дуб), перистораздельный (одуванчик), перисторассеченный (картофель)	Пальчатолопастной (клен), пальчатораздельный (крыжовник), пальчаторассеченный (лютик)	Нет
Сложные листья		
Парноперистосложные (горох, вика), непарноперистосложные (роза, рябина)	Пальчатосложные (люпин, каштан), тройчатосложные (земляника, клевер)	Нет

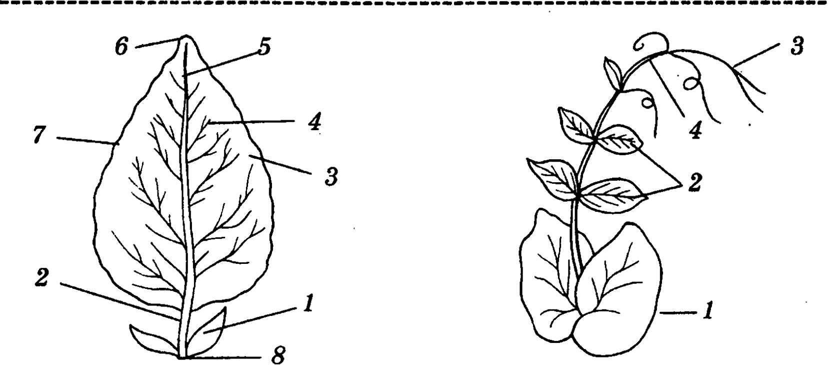


Рис. 37. Простой лист
Рис. 38. Сложный лист

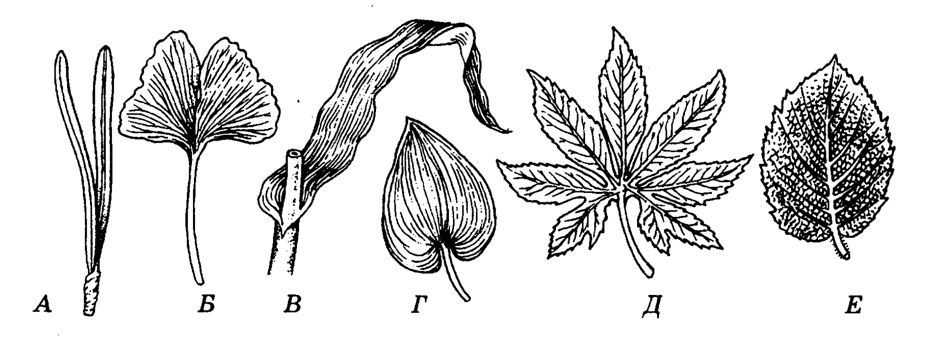


Рис. 39. Жилкование листьев:
А — простое, *Б* — дихотомическое, *В* — параллельное, *Г* — дуговое, *Д* — пальчатое, *Е* — перистое

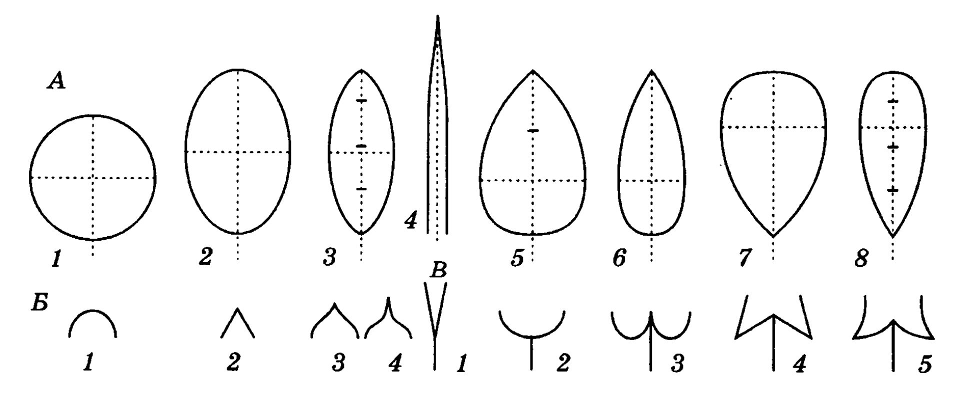


Рис. 40. Форма простых листьев с цельной листовой пластинкой:
А — по форме пластинки: *1* — округлый, *2* — овальный, *3* — продолговатый, *4* — линейный, *5* — яйцевидный, *6* — ланцетный, *7* — обратнояйцевидный, *8* — обратноланцетный; *Б* — по форме верхушки: *1* — тупой, *2* — острый, *3* — заостренный, *4* — остроконечный; *В* — по форме основания: *1* — клиновидный, *2* — закругленный, *3* — сердцевидный, *4* — стреловидный, *5* — копьевидный

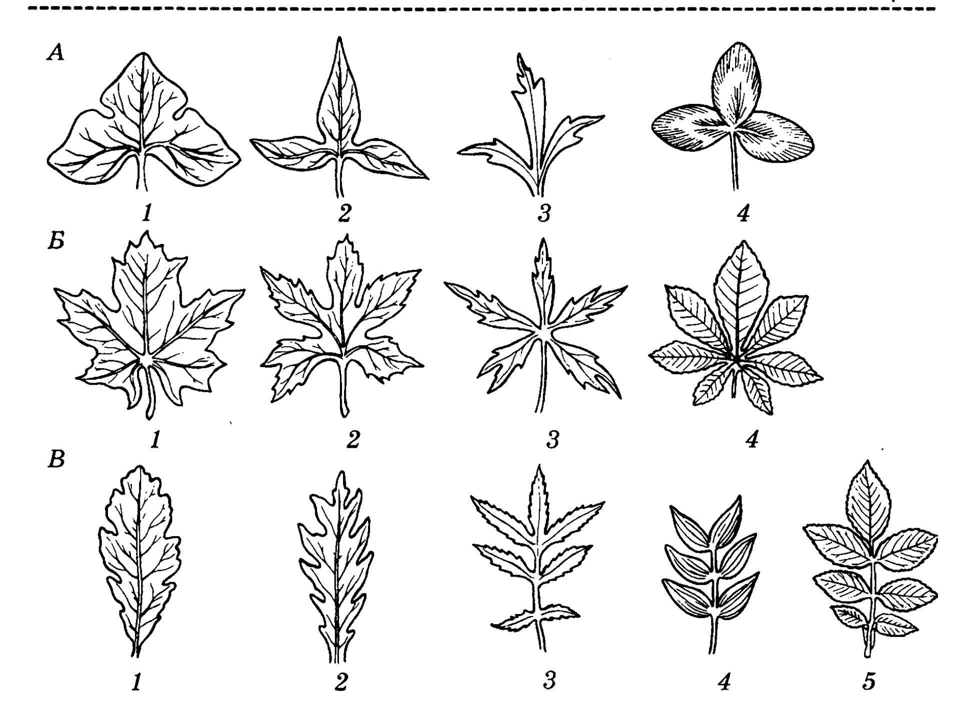


Рис. 41. Морфологические ряды листьев:
А — на основе пальчатого жилкования с тремя жилками: *1* — тройчатолопастный, *2* — тройчатораздельный, *3* — тройчаторассеченный, *4* — тройчатосложный; *Б* — на основе пальчатого жилкования с пятью и более жилками: *1* — пальчатолопастный, *2* — пальчатораздельный, *3* — пальчаторассеченный, *4* — пальчатосложный; *В* — на основе перистого жилкования: *1* — перистолопастный, *2* — перистораздельный, *3* — перисторассеченный, *4* — парноперистосложный, *5* — непарноперистосложный

Контрольная работа № 32

1. Из каких частей состоит лист злака (черешок, листовая пластинка, листовое влагалище, прилистники)?
2. Для каких растений характерно пальчатое жилкование листьев (однодольные, двудольные)?
3. Встречаются ли у однодольных растений сложные листья (да, нет)?
4. Видоизменением какого органа являются сочные чешуи у луковицы лука (корень, стебель, лист)?
5. Какие из названных тканей входят в состав листа (кожица, пробка, ассимиляционная ткань, проводящая ткань)?
6. Какова роль жилок листа (защита от испарения, проведение веществ, фотосинтез, опора мякоти листа)?

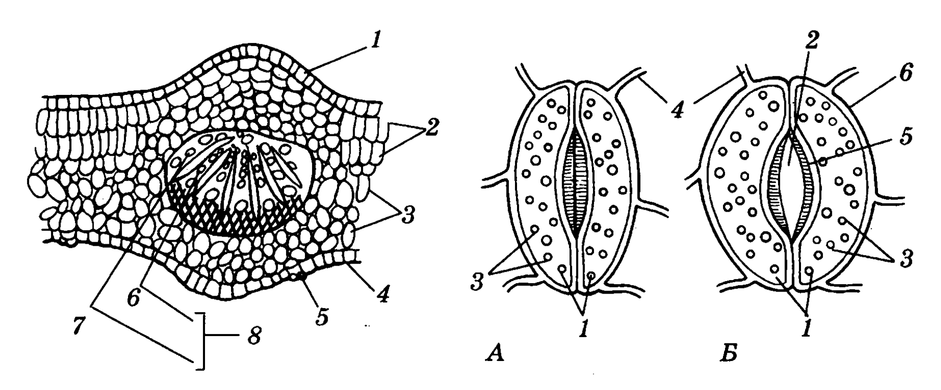


Рис. 42. Строение листа на поперечном срезе

Рис. 43. Устьице: *А* — закрытое, *Б* — открытое (*справа*)

7. У каких растений устьица расположены на нижней стороне листовой пластинки (водные, сухопутные)?
8. Открыты или закрыты устьица в ночное время и в жаркий полдень?
9. В какой части листа находится столбчатая ткань (на стороне, обращенной к солнцу; на стороне, обращенной к земле)?
10. Что происходит в процессе фотосинтеза (испарение воды, газообмен, ассимиляция углеводов, выделение кислорода)?

Словарь основных терминов и понятий

Видоизменения (метаморфозы) листьев — выработанные в ходе эволюции необратимые изменения формы листьев в результате приспособления органов растения к условиям среды обитания (т. е. с выполнением листьями новых функций). 1. *Колючки* — одно из наиболее часто распространенных видоизменений; они служат защитой от поедания животными. При этом лист либо целиком превращается в колючку (кактусы, молочаи, барбарис, белая акация, верблюжья колючка), либо в колючку превращается его часть (бодяк, чертополох, падуб). 2. *Усики* (у сложных листьев некоторых видов растений) цепляются за опору, вынося весь побег к свету. При этом в усик могут превращаться либо верхние листочки сложного листа (горох, вика), либо весь лист целиком, а функцию фотосинтеза выполняют прилистники (некоторые виды чины). 3. Запасающую функцию выполняют *сочные чешуи* луковиц (лук, чеснок), листья алоэ, кочана капусты. 4. *Кроющие чешуи* почек защищают нежные зачаточные листья и конус нарастания от неблагоприятных условий внешней сре-

ды. 5. *Ловчие аппараты* обеспечивают жизнь насекомоядных растений на болотах в условиях недостатка азота и других элементов минерального питания. Листья таких растений изменились до неузнаваемости, превратившись в ловушки (венерина мухоловка), кувшинчики (непентес). Листья некоторых растений своими блестящими, ярко окрашенными капельками на волосках привлекают муравьев, мух, комаров, других мелких насекомых; выделяющийся при этом сок содержит пищеварительные ферменты (росянка).

Внутреннее строение листа. *Верхняя кожица* — покровная ткань на обращенной к свету стороне листа, часто покрытая волосками, кутикулой, воском. *Нижняя кожица* — покровная ткань с нижней стороны листа, обычно несет устьица. *Устьице* — щелевидное отверстие в кожице листа, окруженное двумя замыкающими клетками. Служит для газообмена и транспирации. *Столбчатая ткань* — основная ткань, клетки которой имеют цилиндрическую форму, плотно прилегают друг к другу и расположены с верхней стороны листа (обращенной к свету). Служит для фотосинтеза. *Губчатая ткань* — основная ткань, клетки которой имеют округлую форму, расположены рыхло (много межклетников), ближе к нижней кожице листа. Служит для фотосинтеза, газообмена и транспирации (испарения). *Древесина жилки* — часть проводящего пучка листа, состоящая из сосудов, по которым из стебля в лист поступает вода с минеральными веществами. *Луб жилки* — часть проводящего пучка листа, состоящая из ситовидных трубок, по которым из листа в стебель перемещаются углеводы (сахара, глюкоза). *Жилки листа* — система проводящих пучков, которые связывают лист в единое целое, служат опорой мякоти листа и соединяют его со стеблем. Жилкование листа — порядок расположения жилок в листовой пластинке. При перистом жилковании выражена главная жилка, от которой в обе стороны отходят боковые, при пальчатом — главная жилка не выражена, в лист входят несколько крупных жилок, от которых отходят боковые. *Сетчатое жилкование* — жилкование перистого и пальчатого типов. При *параллельном жилковании* вдоль пластинки проходят несколько одинаковых жилок параллельно друг другу от основания листа до его верхушки.

Изрезанность листа. *Цельный лист* — лист, имеющий нерасчлененную листовую пластинку. *Лопастной лист* — лист, пластинка которого расчленена на лопасти до $^1/_3$ ширины полулис-

та. *Раздельный лист* — лист с пластинкой, расчлененной до $^1/_2$ ширины полулиста. *Рассеченный лист* — лист, пластинка которого расчленена до главной жилки или до основания листа (рис. 41).

Край листовой пластинки — цельный, зубчатый (прямые углы), пильчатый (острые углы), городчатый (округлые выступы), выемчатый (округлые выемки).

Лист — боковой вегетативный орган, растущий от стебля, имеющий двустороннюю симметрию и зону роста при основании. Лист обычно состоит из листовой пластинки, черешка (исключением являются сидячие листья); для ряда семейств характерны прилистники. Листья бывают простые, имеющие одну листовую пластинку, и сложные — с несколькими листовыми пластинками (листочками).

Листовая пластинка — расширенная, обычно плоская часть листа, выполняющая функции фотосинтеза, газообмена, транспирации и у некоторых видов — вегетативного размножения.

Листопад — естественное опадение листьев у древесных и кустарниковых растений, которое связано с их подготовкой к зиме и обусловлено сезонным ритмом развития. Перед листопадом в основании черешка образуется отделительный слой, а под ним — слой пробковой ткани. Место, где был лист, называется листовым рубцом.

Листорасположение — порядок расположения листьев на стебле, наиболее благоприятствующий выполнению их функции. При очередном листорасположении к каждому узлу стебля прикреплен один лист (огурец, яблоня), при супротивном — в каждом узле находятся по два листа напротив друг друга (сирень, гвоздика), при мутовчатом в узле стебля развивается несколько листьев (вороний глаз, лилия, хвощ).

Морфология листьев — форма листьев, которая определяется несколькими показателями. У простых цельных листьев это: соотношение длины и ширины листовой пластинки, форма верхушки, основания, края пластинки, характер жилкования. Так, по соотношению длины и ширины листовой пластинки листья бывают: округлые (настурция, осина), овальные (орешник), ланцетные (ива), яйцевидные (подорожник), обратнояйцевидные (вяз), линейные (рожь). По форме основания: сердцевидные (сирень), клиновидные (лебеда), стреловидные (стрелолист), копьевидные (щавель). По форме верхушки: округлые (копытень), заостренные (липа), двулопастные (гинкго,

семядоли редиса), тупые (семядоли огурца), остроконечные (лавр). Названия листьев с изрезанной листовой пластинкой в основе имеют тип жилкования листа. Так, листья с параллельным и дуговым жилкованием обычно цельные, цельнокрайние и сложными не бывают. Листья с перистым и пальчатым жилкованием бывают как цельными, так и изрезанными. В зависимости от глубины надреза от края листа до средней жилки эти листья подразделяются на перистолопастные (пальчатолопастные), перистораздельные (пальчатораздельные) и перисторассеченные (пальчаторассеченные). Форма перистосложных листьев также определяется перистым жилкованием. У этих листьев четко выражена главная ось (рахис), на которой расположены листочки. Если на верхушке сложного листа есть листочек, то такой лист называется непарноперистосложным (рябина, роза); если же на верхушке листочка нет или на этом месте находится усик, то лист называется парноперистосложным (горох, желтая акация). Тройчатосложный лист является разновидностью пальчатосложного листа (земляника, малина, фасоль, клевер). Пальчатосложные листья, в отличие от перистосложных, не имеют рахиса, их листочки отходят как бы из одной точки, они как пальцы на руке — все в одинаковом положении (листья каштана, люпина).

Основание листа (листовая подушка) — часть листа, соединяющая его со стеблем. Здесь находится образовательная ткань, дающая рост листовой пластинке и черешку. Основание листа иногда принимает форму короткого трубчатого влагалища (гречиха, ревень, укроп), длинного влагалища (рожь, ячмень), прилистников (роза, горох).

Прилистники — парные листовидные образования в основании листа. Они могут опадать при развертывании листа (яблоня, липа) или сохраняться (роза, горох). Защищают боковые пазушные почки и вставочную образовательную ткань листа (меристему). Прилистники могут срастаться вокруг узла стебля, образуя трубку — раструб (гречиха, ревень), в пазухе которого находится боковая почка.

Разнолистность — свойство растений изменять форму листьев в пределах одного отдельного растения (как по длине побега, так и в двух разных средах обитания). Изменение формы листьев в пределах одного побега вызывается различиями между выполняемыми ими функциями. У растений часто наблюдается три формации листьев: низовая, срединная и верховая. Так,

у древесного растения липы почки покрыты чешуевидными коричневыми листьями, затем развиваются типичные для вида сердцевидные зеленые листья и прицветные — совершенно иной формы, ланцетовидные, светло-зеленого цвета. У трав наблюдается то же явление. Так, у лука сухие и сочные чешуи луковицы — это листья низовые, зеленые трубчатые — срединные, а пленчатые бесцветные прицветные листья, окружающие соцветие, являются верхушечными. У некоторых растений, обитающих в водной среде, тоже могут быть листья различной формы. Так, у стрелолиста подводные листья линейные, надводные — стреловидные, а у водяного лютика подводные листья многократнопальчаторассеченные, а надводные — овальные. Это явление называется гетерофиллия. Оно связано с приспособлением к разному давлению факторов среды — в воде площадь поверхности листьев должна быть как можно меньше — это уменьшает сопротивление, а в воздушной среде, где активно идет фотосинтез, площадь должна быть как можно больше.

Усики — видоизменения листа или всего целиком (тыква, огурец), или частично (у сложных листьев гороха, чины). Служат для прикрепления к опоре у цепляющихся растений. Усики побегового происхождения у винограда выполняют ту же функцию.

Устьице — щелевидное отверстие в кожице (эпидерме), окруженное обычно двумя замыкающими клетками. Служит для газообмена и транспирации. На свету при достаточном увлажнении устьица открыты, в темноте или при недостатке воды — закрыты. Механизм работы устьиц обусловлен следующими особенностями строения замыкающих клеток: они содержат хлоропласты, в то время как остальные клетки эпидермы их не содержат; замыкающие клетки имеют утолщенную стенку со стороны устьичной щели. На свету идет процесс фотосинтеза только в замыкающих клетках; образующиеся сахара повышают концентрацию клеточного сока, что в силу законов осмоса вызывает поступление воды в эти клетки. Повышается тургорное давление, и клетки начинают разбухать, увеличиваясь в объеме. Но этому препятствует клеточная стенка, особенно ее сторона, обращенная к устьичной щели, — утолщенная. В результате замыкающие клетки растягиваются в сторону основной эпидермы, где стенки более тонкие, а толстые следуют за всей клеткой, — устьице открывается. Ночью, когда фотосинтез не происходит, замыкающие клетки возвращаются на место и смыкаются — устьице закрывается. Отмечено, что при открывании устьиц в замыкающие клетки

перемещаются ионы калия, которые также определяют увеличение тургорного давления и объема клеток.

Функции листа — фотосинтез, транспирация, газообмен, у отдельных видов — запасание воды (алоэ, молодило), вегетативное размножение (бегония, глоксиния), ловля насекомых (росянка, венерина мухоловка), защита от повреждений (верблюжья колючка, кактусы), прикрепление к опоре (горох).

Черешок — суженная часть листа, соединяющая своим основанием листовую пластинку со стеблем. Он выполняет важнейшие функции: ориентирует лист по отношению к свету, является местом расположения вставочной образовательной ткани (листовая подушка), за счет которой растет лист.

ТЕМА. Вегетативное размножение цветковых растений

Размножение растений побегами, корнями, листьями в природе и растениеводстве (видоизмененными побегами, стеблевыми и корневыми черенками, отводками, делением куста, прививкой). Биологическое и хозяйственное значение вегетативного размножения.

Задание 25

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Проанализировать таблицу 71.
- Проверить свои знания по словарю терминов и понятий.

Вопросы для самоконтроля

- Какие органы растений называют вегетативными?
- Какой способ размножения растений называют вегетативным?
- В чем отличие естественного вегетативного размножения от искусственного?
- Какие видоизменения вегетативных органов способствуют естественному вегетативному размножению?
- Какие свойства естественного вегетативного размножения сделали многие растения трудноискоренимыми сорняками?
- Как размножаются в природе земляника, лапчатка гусиная, дикие виды лука, ландыш, пырей?
- Как использует человек природные свойства растений при разведении их в условиях культуры?

- Как размножают землянику, пион, тюльпаны, лук, чеснок, гладиолусы, крыжовник, смородину (каждый вид в отдельности) в условиях культуры?
- В чем отличие клубня картофеля от клубня георгина и как это надо учитывать при их вегетативном размножении?
- Чем отличается черенок от отводка, у каких плодовых культур применяют эти способы вегетативного размножения?
- Какие способы прививок наиболее распространены?
- Какова цель прививки и какие правила нужно соблюдать при этой операции?
- Какие закономерности строения и жизни растений надо учитывать, применяя искусственное вегетативное размножение?

Таблица 71. Вегетативное размножение цветковых растений

Способ вегетативного размножения	Органы или их части	Примеры	
		в природе (естественно)	в хозяйстве (искусственно)
Вегетативными органами и их видоизменениями	Корневище	Пырей, хвощ, ландыш, тростник	Бамбук, ревень, спаржа
	Клубень корневой	Чистяк, любка	Георгина, батат
	Клубень побеговый	Земляной миндаль — сыть	Картофель, топинамбур
	Луковица	Тюльпан, лилия, пролеска, дикие виды лука	Лук, чеснок, тюльпан, нарцисс, лилия
	Клубнелуковица	Шафран, гладиолус (шпажник)	Шафран, гладиолус, безвременник (колхикум)
	Усы	Земляника, гусиная лапка, лютик ползучий	Земляника, клубника
Неукорененными частями вегетативных органов	Стеблевые черенки	Ива ломкая	Виноград, смородина, ива, тополь, флокс
	Листовые черенки	—	Бегония, глоксиния. сенполия

Окончание табл. 71

Способ вегетативного размножения	Органы или их части	Примеры	
		в природе (естественно)	в хозяйстве (искусственно)
Неукорененными частями вегетативных органов	Корневые черенки	—	Малина, вишня, слива, ирга, флокс
Укорененными вегетативными органами	Деление куста (у многолетников)	Полынь, одуванчик, борщевик, ковыль	Пион, флокс, дельфиниум, ревень, малина
	Отводки (ветви, засыпанные землей при основании)	Ель, пихта, скумпия	Крыжовник, смородина, виноград, шелковица
	Корневые отпрыски (корнеотпрысковые растения, образующие придаточные почки)	Малина, ирга, черемуха, бодяк, осот, одуванчик	Малина, ежевика, вишня, слива, сирень
Прививками	Методы: Сближение (аблактировка)	—	Виноград, особи при отдаленной гибридизации
	Черенком (копулировка, в расщеп, под кору)	—	Яблоня, груша, пасленовые, тыквенные
	Глазком (окулировка)	—	Плодовые культуры

Словарь основных терминов и понятий

Вегетативное размножение — увеличение числа особей с помощью вегетативных органов или их видоизменений, а также групп клеток. Сюда относится размножение стеблевыми и корневыми черенками, отводками, клубнями, луковицами, корневищами, усами, делением куста, прививкой. В природе осуществляется естественным путем, в сельском хозяйстве — искусственным, в современной биотехнологии применяется ме-

тод культуры тканей. Вегетативное размножение играет большую роль в долголетнем сохранении сортовых качеств растений.

Глазок клубня — группа боковых пазушных почек клубня, расположенных в пазухе недоразвитого чешуевидного листа (картофель).

Деление куста — деление растения с побегами и корнями в продольном направлении на несколько частей, которые затем рассаживают (многолетние травы — пионы, флоксы).

Детка луковицы, клубнелуковицы — разросшаяся боковая почка, отделившаяся от луковицы, клубнелуковицы (лук, чеснок, гладиолус).

Корневой черенок — отрезок корня с придаточными почками у корнеотпрысковых растений (одуванчик, малина, вишня, хрен, бодяк, осот).

Отводок — отделенный от растения укоренившийся боковой побег (крыжовник, ель, черемуха).

Прививки растений — пересадка отрезка побега (черенка) или почки (глазка) одного растения — привоя на другое — подвой (укорененное растение). Основные способы прививки — окулировка (прививка глазка), прививка черенком (различными способами, например копулировкой, в расщеп, под кору), аблактировка (сближение и соединение побегов соседних растений), прививка частями плодов, клубней, луковиц, зародышем семени и др. Прививки применяют как для вегетативного размножения, так и для закрепления сортовых особенностей, ускорения плодоношения, лечения растений, создания декоративных форм. Всего известно около 400 способов прививок, но применяют 10–15.

Стеблевой черенок — отрезок побега с несколькими узлами, почками и придаточными корнями (смородина, роза, тополь).

Усы — удлиненные надземные ползучие побеги, образующие на верхушках розеточные побеги, укореняющиеся с помощью придаточных корней. Служат для вегетативного размножения в природе и в культуре (земляника).

Черенок — отрезок побега или корня. Стеблевой черенок несет несколько пазушных почек, расположенных на узлах; корневой черенок несет придаточные почки. Стеблевыми черенками размножают смородину, крыжовник, розу; корневыми черенками — малину, вишню.

II. Репродуктивные органы

ТЕМА. Цветок. Плод и семя

Строение цветка: цветоножка, цветоложе, околоцветник (чашечка и венчик), тычинки, пестик или пестики. Строение тычинки и пестика. Цветки однополые и обоеполые. Соцветия и их биологическое значение. Перекрестное опыление насекомыми, ветром. Самоопыление. Искусственное опыление. Оплодотворение. Образование семян и плодов. Значение цветков, плодов и семян в природе и жизни человека. Строение семян (на примере двудольного и однодольного растения). Состав семян. Условия прорастания семян. Дыхание семян. Питание и рост проростка. Время посева и глубина заделки семян.

Задание 26

- Повторить и изучить имеющийся в распоряжении учебный материал, проанализировать схемы 43–45.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Дать подписи к рисункам 44, 46, 47, 48.
- Выполнить контрольную работу № 33.
- Проанализировать таблицы 72–75.
- Повторить по словарю термины и понятия.

Вопросы для самоконтроля (цветок; соцветие)

- Каково происхождение цветка?
- Назовите все части цветка.
- Какие части цветка составляют околоцветник и каковы его функции?
- Какие части цветка главные?
- Назовите части цветка стеблевого происхождения, листового поисхождения.
- Каковы формы околоцветника у цветков гороха, картофеля, яблони, ржи?
- Какой цветок называют правильным, какой — неправильным (приведите примеры)?
- Как называют цветки, имеющие тычинки и пестики (приведите примеры растений)?
- Какие цветки называют тычиночными (примеры)?
- Какие цветки называют пестичными (примеры)?
- Какие растения называют однодомными (примеры)?
- Какие растения называют двудомными (примеры)?
- Что образуется в пыльниках тычинок?
- Как называют процесс переноса пыльцы на рыльца пестиков?
- При помощи каких агентов переносится пыльца?

- Какова биологическая роль соцветий?
- Назовите известные соцветия и примеры растений, для которых они характерны.
- Назовите примеры самоопыляющихся растений; какими признаками они отличаются?
- Какое биологическое значение имеет перекрестное опыление?
- Для каких целей применяют искусственное опыление?

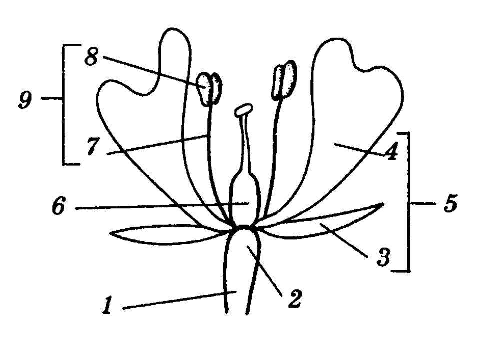


Рис. 44. Схема строения цветка

Рис. 45. Моноподиальные соцветия:

1 — кисть, *2* — простой колос, *3* — початок, *4* — зонтик, *5* — головка, *6* — корзинка, *7* — щиток, *8* — сложный зонтик, *9* — метелка, *10* — сложный колос; *1*—*7* — простые соцветия, *8*—*10* — сложные соцветия

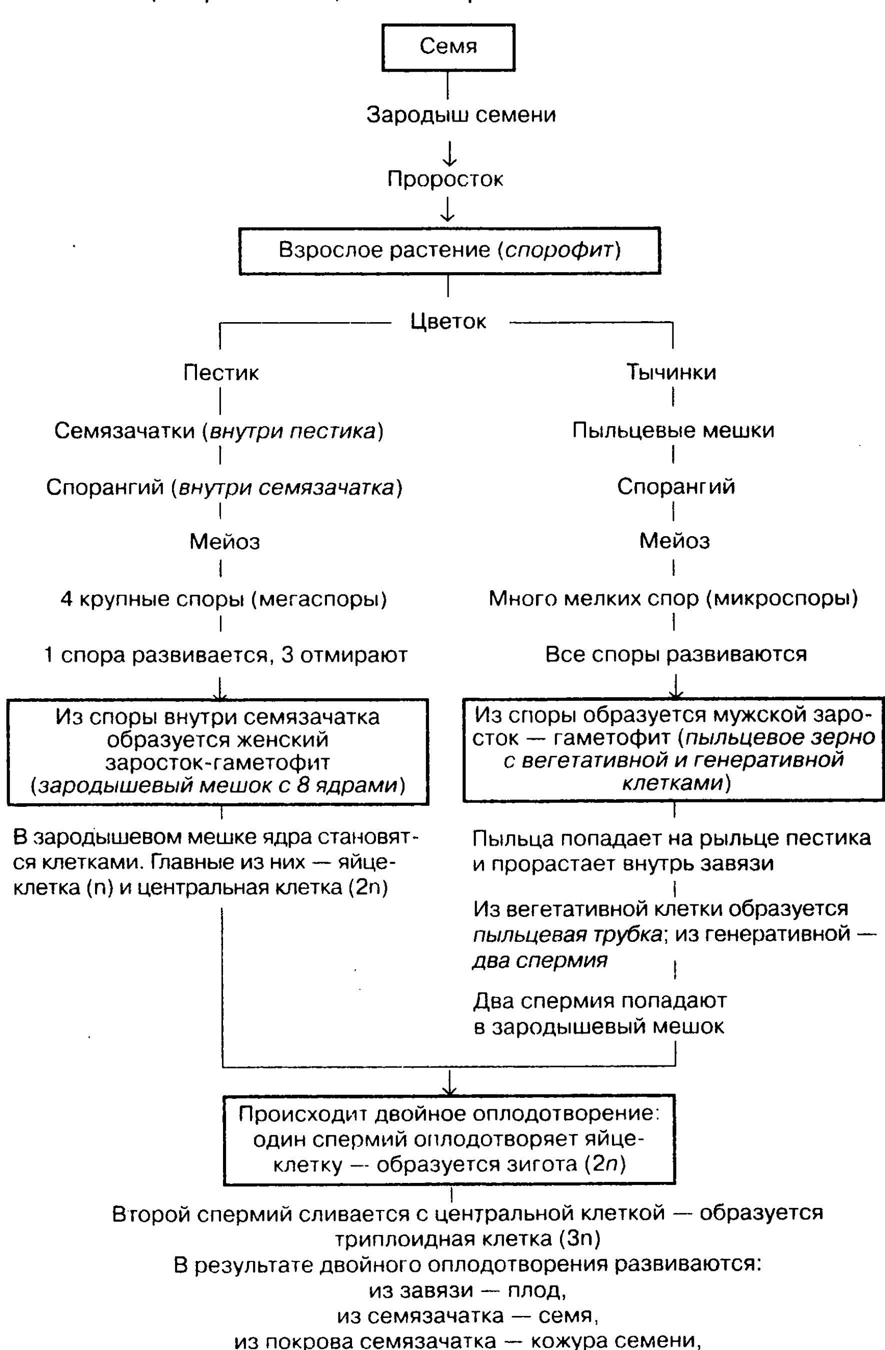
Таблица 72. Преобразования репродуктивных органов в ходе эволюции высших растений

Органы	Высшие споровые (равноспоровые)	Высшие споровые (разноспоровые)	Голосеменные	Покрытосеменные	Что образуется из данного органа (в органе) у покрытосеменных
Орган спороношения	Спороносный колосок или сорус	Спороносный колосок	Шишка	Цветок	В отдельных случаях цветок в целом может участвовать в образовании плода (яблоко)
Споролистик (спорофилл)	Спорофилл	Микроспорофилл	Микроспорофилл	Тычинка	Пыльца
		Мегаспорофилл	Семенная чешуя	Пестик (плодолистик)	Из завязи — плод
Спорангий	Спорангий	Микроспорангий	Микроспорангий	Гнездо пыльника	Пыльца
		Мегаспорангий	Семязачаток — видоизмененный мегаспорангий	Семязачаток — видоизмененный мегаспорангий	Семя
Заросток (гаметофит)	Заросток	♂ заросток (гаметофит)	Пылинка с базальной, вегетативной и генеративной клетками	Пылинка из двух клеток — вегетативной и генеративной	При прорастании пыльцы из вегетативной клетки образуется пыльцевая трубка, из генеративной — два спермия
		♀ заросток (гаметофит)	Первичный эндосперм с двумя архегониями	Восьмиядерный зародышевый мешок	Из оплодотворенной яйцеклетки (зиготы) образуется зародыш семени, из триплоидного ядра — эндосперм
Архегоний	Многоклеточный — состоит из брюшка и шейки	Многоклеточный, но брюшко не имеет своей стенки, ее заменяет ткань заростка	Брюшко архегония одноклеточное, заполнено яйцеклеткой, шейка малоклеточная	Отсутствует	

Таблица 73. Особенности размножения семенных растений

Признаки	Отдел Голосеменные	Отдел Покрытосеменные
Наличие цветка	Отсутствует	Имеется
Положение семени	Голо, на семенной чешуе (мегаспорофилле)	Покрыто околоплодником (сомкнутым мегаспорофиллом)
Мегаспорангий	Мегаспорангий окружен покровом (интегументом), вместе с которым они образуют семязачаток	Мегаспорангий окружен покровом (интегументом), вместе с которым они образуют семязачаток, который находится внутри завязи пестика
Где развивается женский заросток (гаметофит)	Внутри семязачатка	Внутри семязачатка, лежащего внутри завязи
Мегаспорофиллы	Семенные чешуи шишки, несущие по два мегаспорангия (семязачатка)	Плодолистики. Один или несколько плодолистиков, срастаясь своими краями, формируют пестик (состоящий из завязи, столбика и рыльца). Внутри завязи находятся семязачатки (мегаспорангии)
Женский гаметофит (заросток)	Многоклеточный первичный эндосперм с двумя архегониями	Восьмиядерный зародышевый мешок без архегониев
Мужской гаметофит (заросток)	Пыльцевое зерно, состоящее из вегетативной, генеративной и базальной клеток	Пыльцевое зерно, состоящее из вегетативной и генеративной клеток
Опыление	Ветром	Ветром, насекомыми, водой
Оплодотворение	Одинарное — один спермий сливается с одной яйцеклеткой, второй погибает	Двойное — один спермий сливается с яйцеклеткой, второй — с центральным ядром зародышевого мешка
Результат оплодотворения	Из зиготы образуется зародыш семени, из первичного эндосперма — питательная ткань эндосперм, из покрова семязачатка — кожура семени, из семязачатка — семя	Из зиготы образуется зародыш семени, из оплодотворенного центрального ядра — триплоидный эндосперм (питательная ткань), из покровов семязачатка — кожура семени, из семязачатка — семя, из стенки завязи — околоплодник, из завязи — плод

Схема 43. Цикл развития цветкового растения



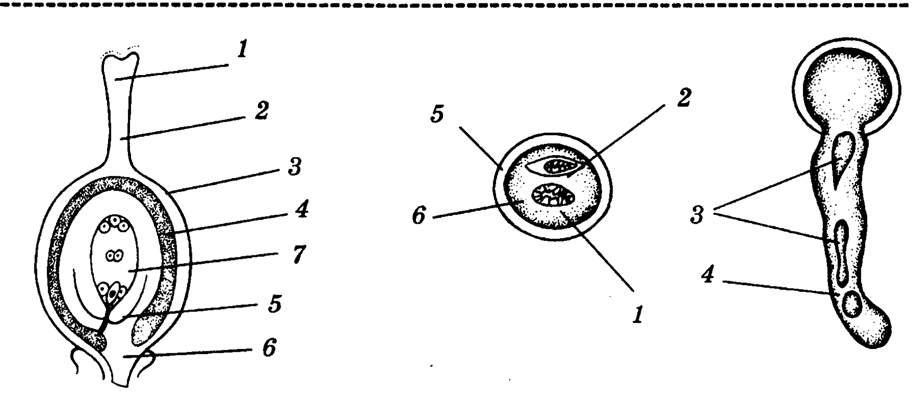


Рис. 46. Строение пестика и семязачатка цветка на продольном разрезе

Рис. 47. Строение и прорастание пыльцевого зерна (*справа*)

Схема 44. Традиционная классификация гинецея

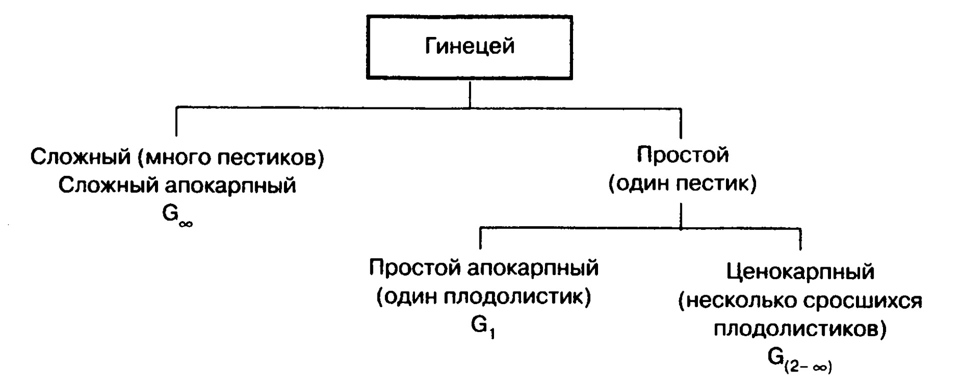


Схема 45. Классификация гинецея по Р. Я. Левиной

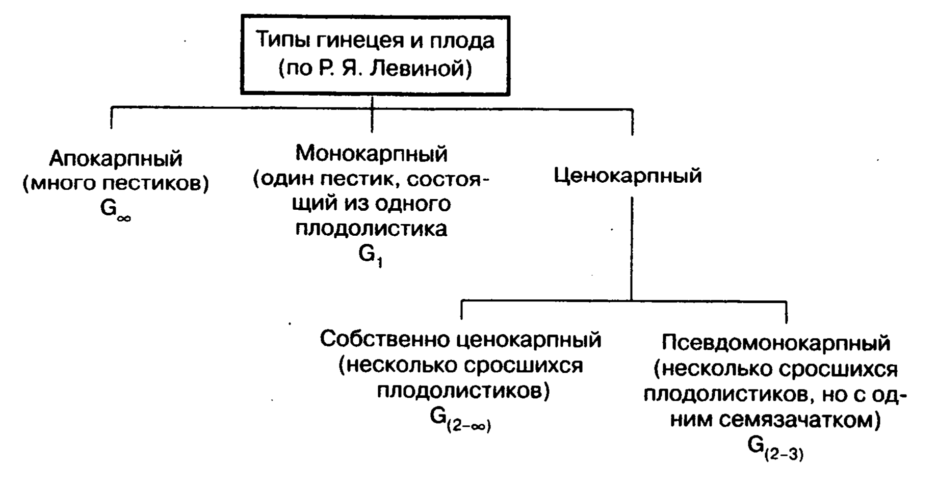


Таблица 74. Типы гинецея. Сопоставление терминов

Особенности строения	Традиционная классификация	Классификация Р. Я. Левиной
Много пестиков	Сложный апокарпный G_{∞}	Апокарпный G_{∞}
Один пестик из одного плодолистика	Простой апокарпный G_1	Монокарпный G_1
Один пестик из нескольких сросшихся плодолистиков	Ценокарпный $G_{(2-\infty)}$	Ценокарпный $G_{(2-\infty)}$
Один ценокарпный пестик с одним семязачатком	Паракарпный $G_{(2)}$ (зерновка, семянка) Лизикарпный $G_{(3)}$ (орешек гречихи)	Псевдомонокарпный $G_{(2-3)}$ (зерновка, семянка, орешек, орех)

Вопросы для самоконтроля (опыление; оплодотворение)

- Из каких частей состоит тычинка?
- Что образуется в пыльнике?
- Сколько оболочек покрывают пыльцевое зерно?
- Как называются клетки, из которых состоит пыльцевое зерно?
- Какой набор хромосом у ядер вегетативной и генеративной клеток?
- Где прорастает пыльцевое зерно?
- Из какой клетки образуется пыльцевидная трубка?
- Какая клетка продуцирует спермии и сколько?
- Из каких частей состоит пестик?
- Каковы функции рыльца, столбика?
- Где находятся семязачатки (семяпочки)? Каково строение семязачатка?
- Почему цветковые растения называют покрытосеменными?
- Сколько спор образуется внутри семязачатка и какой набор хромосом они имеют?
- Сколько спор дают начало развитию зародышевого мешка и сколько спор отмирает?
- Какова роль зародышевого мешка в цикле развития цветкового растения?
- Какой набор хромосом у яйцеклетки?
- Какой набор хромосом имеет центральное ядро зародышевого мешка (центральная клетка)?
- Как называется участок семязачатка, через который пыльцевая трубка проходит к зародышевому мешку?

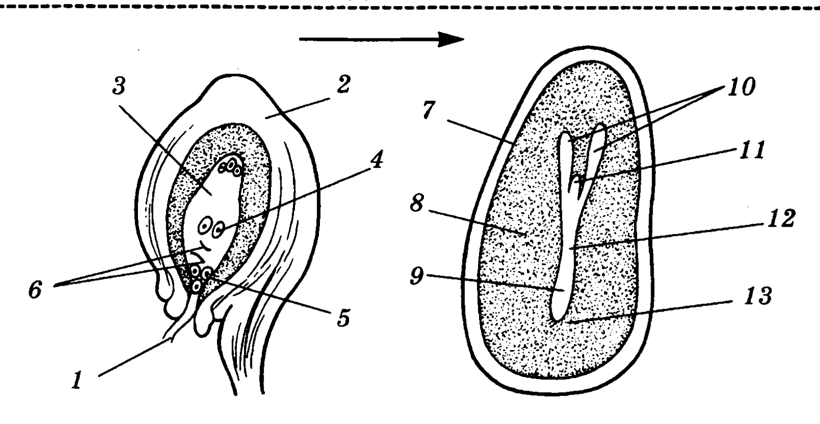


Рис. 48. Процесс двойного оплодотворения и образование семени

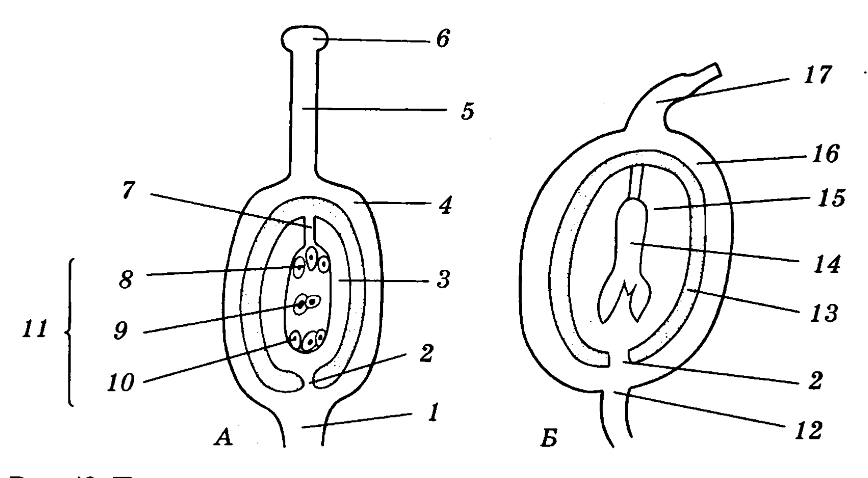


Рис. 49. Пестик и плод на продольном разрезе:
А — пестик с семязачатком, *Б* — плод с семенем; *1* — цветоножка, *2* — семяножка, *3* — семязачаток, *4* — стенка завязи, *5* — столбик, *6* — рыльце, *7* — пыльцевход, *8* — яйцеклетка с клетками-спутницами, *9* — центральное ядро зародышевого мешка, *10* — антиподы, *11* — зародышевый мешок, *12* — плодоножка, *13* — кожура семени, *14* — зародыш семени, *15* — эндосперм, *16* — околоплодник, *17* — увядающий столбик с рыльцем

- В чем заключается процесс двойного оплодотворения?
- Кому принадлежит открытие этого процесса и в каком году?
- Что образуется при оплодотворении яйцеклетки?
- Какой набор хромосом имеет зигота?
- Что развивается из зиготы?
- Какой набор хромосом у оплодотворенного центрального ядра?
- Что развивается из оплодотворенного центрального ядра?
- Что развивается из семязачатка в результате оплодотворения?

Вопросы для самоконтроля (семя; плод)

- Из чего образуется семя в результате двойного оплодотворения?
- Что развивается из завязи в результате двойного оплодотворения?
- Из чего возникает стенка плода?
- Какую роль играет эндосперм семени? Какой набор хромосом имеют его клетки?
- Что входит в состав зародыша семени?
- Как называют первые зародышевые листья?
- Чем отличается зародыш семени однодольного растения от зародыша семени двудольного?
- Как устроено семя фасоли? Где у него откладываются запасные питательные вещества?
- Как устроена зерновка пшеницы? Где в ней откладываются запасные питательные вещества? Каков их химический состав?
- Какую роль для растения играют запасные питательные вещества в семенах и плодах?
- При каких условиях семена начинают прорастать, дышать?
- С какими органеллами клеток связан процесс дыхания?

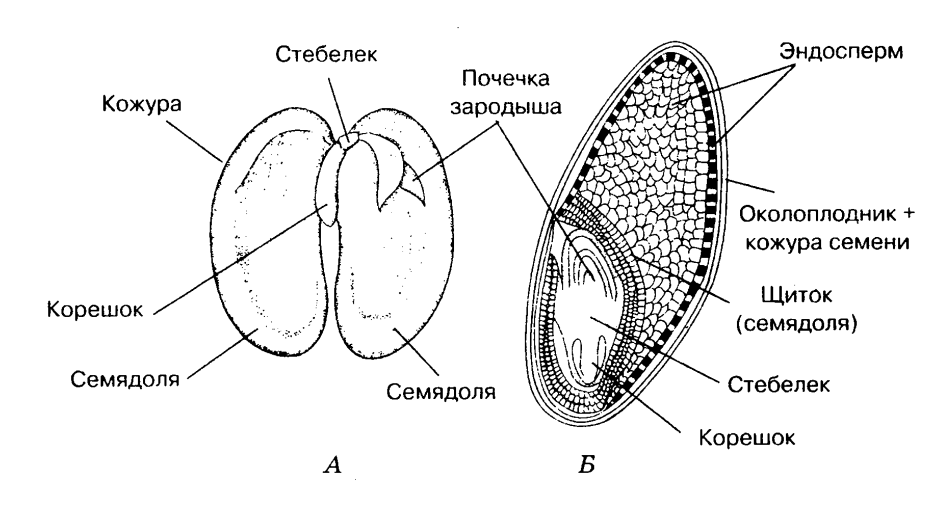


Рис. 50. Строение семени фасоли и зерновки пшеницы

Контрольная работа № 33

1. Какие части цветка относят к околоцветнику (цветоножка, чашечка, венчик, тычинки)?
2. Какую функцию выполняет околоцветник (образует пыльцу, привлекает насекомых, защищает внутренние части цветка)?
3. Какие клетки имеются в пыльцевом зерне (яйцеклетка, вегетативная клетка, генеративная клетка, центральная клетка)?

4. Сколько спермиев участвует в оплодотворении у цветковых растений (1, 2, 3)?

5. Что находится в зародышевом мешке (яйцеклетка, вегетативная клетка, генеративная клетка, центральная клетка)?

6. Что образуется из семязачатка после оплодотворения (зигота, семя, плод, зародыш)?

7. Из чего развивается плод (тычинка, завязь, семяпочка, околоцветник)?

8. Какой плод у гороха (стручок, боб, коробочка, семянка)?

9. Какой набор хромосом в эндосперме зерновки пшеницы (гаплоидный, диплоидный, триплоидный)?

10. Какое соцветие имеет длинную утолщенную ось с сидячими однополыми цветками (колос подорожника, початок кукурузы, сережка тополя, кисть черемухи)?

11. Какое из названных растений (яблоня, кукуруза, огурец, конопля) двудомное?

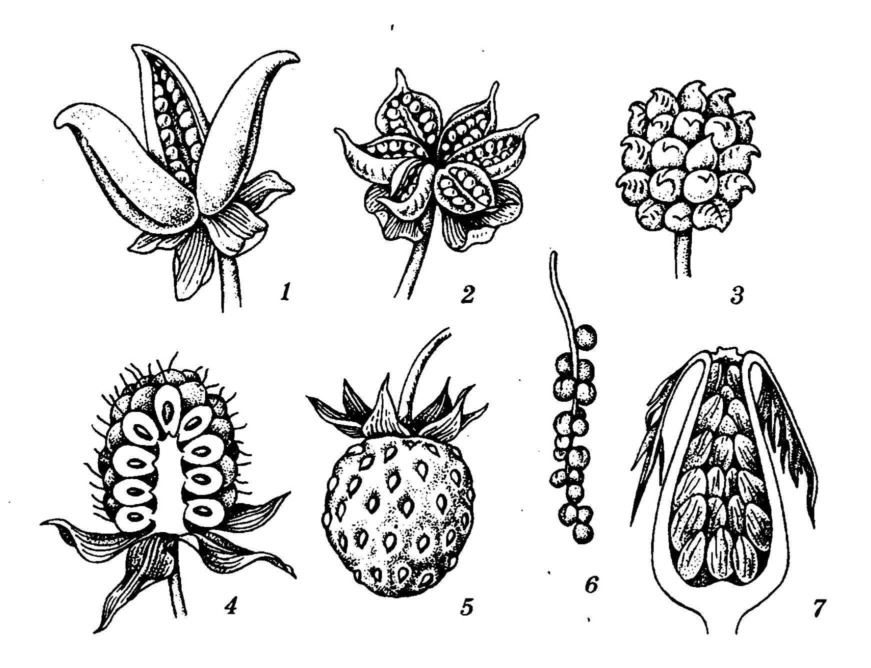


Рис. 51. Апокарпные плоды (сборные). Образованы несколькими несросшимися плодолистиками. Все, кроме малины и лимонника, сухие:
1 — многолистовка пиона, *2* — многолистовка калужницы, *3* — многоорешек лютика, *4* — многокостянка малины, *5* — многоорешек с разросшимся сочным цветоложем земляники, *6* — многолистовка с удлиненным цветоложем лимонника, *7* — цинародий с разросшимся сочным цветоложем шиповника (многоорешек)

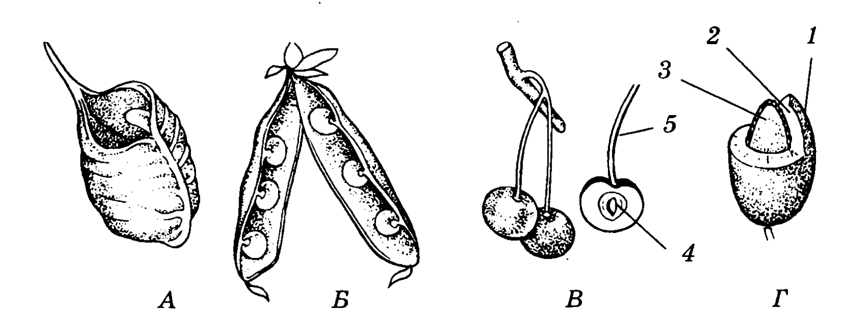


Рис. 52. Монокарпные плоды. *А, Б* — сухие, *В, Г* — сочные:
А — листовка живокости, *Б* — боб гороха, *В* — костянка вишни, *Г* — костянка сливы в разрезе; *1* — экзокарпий, *2* — мезокарпий, *3* — эндокарпий (косточка), *4* — семя, *5* — плодоножка

Рис. 53. Ценокарпные плоды. *А—Е* — коробочковидные (сухие многосемянные раскрывающиеся); *Ж—Л* — ягодовидные (сочные многосемянные плоды):
А — стручок капусты, *Б* — стручочек ярутки, *В* — дробный стручок дикой редьки (разламывающийся), *Г* — коробочка белены, *Д* — коробочка дурмана, *Е* — коробочка мака; *Ж* — ягода винограда, *З* — ягода картофеля, *И* — яблоко яблони (цветок и плод в разрезе), *К* — гесперидий (померанец) лимона, *Л* — тыквина огурца

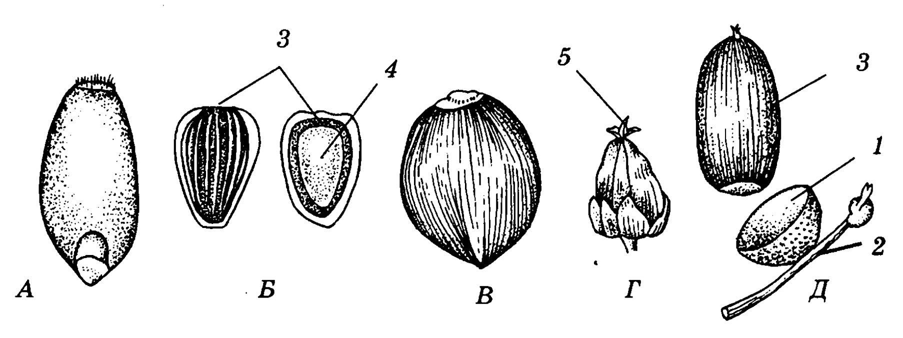


Рис. 54. Псевдомонокарпные (ореховидные) сухие плоды:
А — зерновка пшеницы, *Б* — семянка подсолнечника, *В* — орех лещины (фундук), *Г* — орешек гречихи, *Д* — желудь дуба; *1* — плюска, *2* — плодоножка, *3* — плод, *4* — семя, *5* — остатки трехлопастного рыльца

Таблица 75. Простые плоды

Характер околоплодника	Многосемянные	Односемянные
	коробочковидные	**ореховидные**
Сухой	*Боб* — семена лежат на двух раскрывающихся створках (горох, фасоль) *Стручок* — семена лежат на краях перегородки, раскрывается двумя створками (капуста, сурепка) *Коробочка* — семена высыпаются из щелей, отверстий (мак, тюльпан)	*Семянка* — околоплодник кожистый, семя лежит свободно (подсолнечник) *Зерновка* — околоплодник кожистый, срастается с кожурой семени (пшеница, кукуруза) *Орех* — околоплодник деревянистый, семя лежит свободно (лещина, фундук)
	ягодовидные	**костянковидные**
Сочный	*Ягода* — семена лежат внутри сочной мякоти плода (помидор, виноград, ландыш) *Яблоко* — семена лежат в пленчатых сухих камерах, мякоть плода образована сросшимися завязью и цветочной трубкой (яблоня, груша)	*Костянка* — снаружи плод покрыт кожицей, в средней части плода сочная мякоть, внутренний слой — одревесневший, образует косточку, семя лежит свободно (вишня, абрикос, черемуха)

Окончание табл. 75

Характер околоплодника	Многосемянные	Односемянные
	ягодовидные	**костянковидные**
Сочный	*Тыквина* — семена лежат в сочной мякоти плода, наружный слой околоплодника деревянистый (арбуз, тыква) *Померанец* (лимон, апельсин)	

Сборные плоды
Сборная семянка (многосемянка) — на сочном разросшемся цветоложе лежат многочисленные сухие плоды — семянки (земляника, клубника)
Сборная костянка (многокостянка) — на белом коническом сухом цветоложе лежат многочисленные сочные плоды — костянки (малина, костяника)

ТЕМА. Отличительные признаки покрытосеменных

Задание 27

- На основе полученных знаний и нижеприведенного обобщения изучить особенности покрытосеменных растений.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Ответить на вопросы контрольной работы № 34.

Общие указания. Отличительные признаки покрытосеменных следующие:

1. Наличие цветка.
2. Наличие завязи и плода, сохраняющих семязачатки и семена.
3. Опыление ветром, насекомыми, водой, птицами.
4. Женский заросток — восьмиядерный зародышевый мешок без архегониев.
5. Мужской заросток — пыльцевое зерно (пыльца), состоящее из двух клеток — вегетативной и генеративной.
6. Двойное оплодотворение: один спермий оплодотворяет яйцеклетку, другой — вторичное (центральное) ядро зародышевого мешка.
7. Двойное оплодотворение завершается следующими преобразованиями: из завязи образуется плод, из семязачатка (семяпоч-

ки) — семя, из зиготы — зародыш семени (диплоидный), из оплодотворенного вторичного ядра — вторичный эндосперм.

8. Эндосперм представлен тканью с триплоидным набором хромосом. Формируется одновременно с зародышем семени, в нем откладываются запасные питательные вещества (белки, углеводы, жиры).

9. При прорастании как только внутрь семени поступает вода, начинается его набухание, запасные вещества переходят в растворимые формы, доступные для всасывания зародышем. Часть запасных веществ эндосперма расщепляется дыхательными ферментами, что освобождает энергию (в виде АТФ), необходимую для роста зародыша.

10. Триплоидность ядер клеток эндосперма, несущих наследственную информацию материнского и отцовского организмов, повышает приспособленность молодого растения к различным условиям среды.

11. Из зародыша семени вырастает спорофит (бесполое диплоидное поколение), который может быть представлен различными жизненными формами — травой (однолетней или многолетней), кустарником, деревом, лианой. Любая жизненная форма растения имеет основные органы — корень, стебель, листья и их видоизменения, а также цветки, семена, плоды.

Вопросы для самоконтроля

- Какие растения были предками покрытосеменных?
- Чем отличаются покрытосеменные от высших споровых и голосеменных растений?
- Чем отличаются покрытосеменные от голосеменных растений?
- Имеются ли у покрытосеменных растений архегонии и антеридии?
- Можно ли считать тычинку подобной антеридию?
- Как называется мужской заросток у покрытосеменных растений?
- Можно ли считать пестик подобным архегонию?
- Как называется женский заросток у покрытосеменных растений?
- Из какой клетки образуется зародышевый мешок и какое поколение он представляет в цикле развития цветкового растения?
- Каким поколением является цветковое растение (половым или бесполым)?
- Из чего образуется растение у редиса, огурца, яблони, пшеницы и какой оно имеет набор хромосом?

Контрольная работа № 34

1. Какие растения цветут (голосеменные, папоротники, покрытосеменные)?

2. Какие растения образуют семена (папоротники, голосеменные, покрытосеменные, мохообразные)?
3. Из чего формируется семя (пестик, семязачаток, яйцеклетка)?
4. Какое оплодотворение у покрытосеменных (простое, двойное)?
5. Что является женским заростком у покрытосеменных (семяпочка, пестик, зародышевый мешок)?
6. Что является мужским заростком у покрытосеменных (спора, пылинка, тычинка)?
7. Из чего образуется эндосперм семени покрытосеменных (яйцеклетка + спермий; центральная клетка + спермий; спора)?
8. Из чего образуется плод (яйцеклетка, зигота, завязь, семязачаток)?

Словарь основных терминов и понятий

Андроцей (греч. «андрос» — мужчина, A) — совокупность тычинок. Он может быть представлен одной тычинкой, двумя, тремя и более; андроцей может включать в себя даже более двадцати тычинок. Они могут быть свободными (многобратственный андроцей), сросшимися все вместе (однобратственный андроцей) или сросшимися в две или три группы. Тычинки могут быть разной длины. Например, у яснотковых две длинные и две короткие тычинки — двусильный андроцей; у крестоцветных четыре длинные и две короткие — четырехсильный андроцей.

Боб — простой сухой многосемянный монокарпный плод, обычно раскрывающийся двумя створками, на которых расположены семена. Характерен для семейства бобовых (рис. 57).

Венчик (Corolla, Co) — внутренний круг околоцветника, состоящий из яркоокрашенных (синие, красные, желтые и др.) или неокрашенных (белые) листочков — лепестков, которые служат для привлечения насекомых-опылителей и защиты тычинок и пестиков. Лепестки могут преобразовываться в нектарники, меняя при этом форму (аквилегия, купальница); у махровых цветков лепестки образуются за счет тычинок (роза, гвоздика, левкой).

Гинецей (греч. «гине» — женщина; G) — совокупность пестиков (плодолистиков) цветка. В ходе эволюции возник из мегаспорофиллов в результате изменений их формы: края плоских мегаспорофиллов сомкнулись так, что семязачатки оказались внутри образовавшейся полости (т. е. оказались покрытыми). Гинецей может быть представлен одним пестиком или несколькими; пести-

ки могут быть как свободные, так и сросшиеся между собой. Поэтому различные виды гинецея имеют свое собственное название. Существует несколько подходов к классификации гинецея. Традиционно выделяют несколько его типов (см. схемы 44, 45).

Двойное оплодотворение — половой процесс у покрытосеменных растений. Заключается в том, что в оплодотворении принимают участие два спермия — один сливается с яйцеклеткой, второй — с центральным ядром зародышевого мешка. В результате образуются: из зиготы — зародыш семени, из оплодотворенного центрального ядра — триплоидный эндосперм семени, из семязачатка — семя, из завязи — плод. Двойное оплодотворение открыто в 1898 г. С. Г. Навашиным.

Двудомные растения — растения, тычиночные и пестичные цветки которых расположены на разных особях одного вида (тополь, облепиха, шелковица, конопля, хмель).

Завязь — нижняя расширенная часть пестика цветка, являющаяся вместилищем семязачатков. По положению в цветке завязь бывает верхняя (горох, картофель) и нижняя (яблоня). Из завязи образуется плод. В формуле цветка необходимо обозначать положение завязи. Так, верхняя завязь цветка картофеля обозначается $G_{(\underline{2})}$, где $(\underline{2})$ обозначает, что завязь состоит из двух сросшихся плодолистиков, а черточка под этой записью показывает границу между завязью и остальными частями цветка. Поскольку число плодолистиков написано над черточкой, то данная запись показывает, что завязь расположена выше остальных частей цветка; поэтому она и называется верхняя. У цветка яблони завязь нижняя, она записывается $G_{(\overline{5})}$, где $(\overline{5})$ обозначает, что завязь состоит из пяти сросшихся плодолистиков, а черточка над этой записью показывает, что завязь расположена ниже других частей цветка, т. е. она нижняя. Число плодолистиков, формирующих пестик, и их взаиморасположение разнообразны (см. табл. 74). Из завязи в результате оплодотворения или партеногенетически образуется плод.

Зародыш (греч. «эмбрион») — организм растения на ранней стадии развития. Формируется из зиготы. У семенных растений находится внутри семени и в начале своего развития питается гетеротрофно. Он состоит из зародышевых органов — корешка, стебелька, почки и семядолей. Семядоли — это первые зародышевые листья. Голосеменные имеют две или несколько семядолей, покрытосеменные двудольные — две семядоли, однодольные — одну семядолю.

Зародышевый мешок — женский гаметофит покрытосеменных растений. Он образуется из мегаспоры внутри семязачатка и состоит из одной большой восьмиядерной клетки. Ядра объединяются в три группы: яйцклетка с двумя клетками-спутницами, три клетки-антиподы на противоположном полюсе и центральное (двуядерное) ядро в центре зародышевого мешка. Архегония не образуется (см. рис. 49).

Зерновка — простой сухой односемянный псевдомонокарпный плод представителей семейства мятликовых (злаков). Зерновка состоит из зародыша, эндосперма и покровов — сросшихся кожуры семени и околоплодника, которые естественным путем не отделяются. При производстве муки обдирку осуществляют механическим путем, при этом в отруби отходят покровы зерновки, состоящие из целлюлозы (клетчатки), а также наружный слой эндосперма — алейроновый (белковый) слой. В муку попадает крупноклеточный эндосперм, содержащий крахмал. Зародыш расположен сбоку от эндосперма, он состоит из корешка, стебелька, почки и одной крупной семядоли — щитка (см. рис. 50).

Коробочка — простой сухой многосемянный ценокарпный плод, раскрывающийся для распространения семян (мак, белена, дурман, тюльпан, лук).

Костянка — простой сочный односемянный монокарпный плод, внутренняя часть околоплодника которого одревесневает, образуя косточку. В околоплоднике костянки различают три слоя: экзокарпий (наружный — эпидерма), мезокарпий (средний — сочная запасающая паренхима) и эндокарпий (внутренний — каменистые клетки). Характерен для представителей семейства розоцветных (вишня, слива, абрикос, черемуха; см. рис. 52).

Ложные плоды — устаревшее название плодов, в образовании которых кроме завязи принимают участие разросшееся цветоложе, основания тычинок, лепестков, чашелистиков (яблоко яблони, груши, рябины; сборная семянка земляники).

Обоеполый цветок — цветок, содержащий и тычинки, и пестики одновременно (яблоня, картофель, рожь). Тычиночный цветок — цветок, у которого есть только тычинки (огурец, кукуруза, тополь). Пестичный цветок — цветок, имеющий только пестики (огурец, кукуруза, тополь).

Однодомные растения — растения с раздельнополыми цветками, расположенными на одной особи — тычиночными и пестичными (огурец, кукуруза, лещина, дуб).

Околоцветник — совокупность покровных листочков цветка, которые служат для защиты тычинок и пестиков, а также способствуют опылению. *Двойной* околоцветник состоит из чашечки и венчика (яблоня, огурец); *простой* околоцветник бывает венчиковидный (тюльпан) или чашечковидный (свекла) и состоит из одинаковых листочков, или долей. В зависимости от того, сколько через околоцветник можно провести осей симметрии, он бывает *полисимметричный* (актиноморфный *) у яблони, огурца и *моносимметричный* (зигоморфный ↑) у гороха, орхидеи, шалфея. Околоцветник может иметь все чашелистики сросшиеся — *сростнолистная чашечка* (у картофеля) и все лепестки сросшиеся — *спайнолепестный венчик* (у картофеля).

Опыление — перенос пыльцы с помощью ветра или насекомых. Наблюдается у семенных растений. Подразделяется на перекрестное опыление (рожь, кукуруза, огурец) и самоопыление (горох, ячмень) — это естественное опыление. Кроме того, существует искусственное опыление, производимое человеком для селекционных или производственных целей.

Орех, орешек — простой сухой односемянный псевдомонокарпный плод, околоплодник которого одревесневает в разной степени (лещина-фундук, липа, гречиха; рис. 54).

Пестик — основная часть цветка, возникшая в результате преобразования споролистиков в плодолистики для защиты семязачатков. Совокупность пестиков (плодолистиков) получила название *гинецей*. Пестик состоит из завязи, столбика и рыльца. Столбик выносит рыльце для опыления, рыльце улавливает пыльцу, завязь покрывает семязачатки и преобразуется в плод. В цветке может быть один пестик (яблоня, огурец) или несколько (земляника, малина).

Плод — вместилище семян цветкового растения. Образуется, как правило, в результате двойного оплодотворения из завязи пестика и служит для сохранения и распространения семян (рис. 49). Плоды бывают *простые*, образовавшиеся из одного пестика (боб, стручок, орех, яблоко), *сборные*, образующиеся из нескольких пестиков одного цветка (сборная костянка у малины, сборная семянка у земляники, сборный орешек у шиповника), и *соплодия*. По характеру околоплодника плоды бывают *сочные* (ягода, яблоко, тыквина, костянка) и *сухие* (зерновка, семянка, коробочка, орех, боб, стручок). По числу семян — *односемянные* (костянка, орех, семянка, зерновка) и *многосемянные* (боб, стручок, коробочка, ягода, яблоко, тыквина) (см. рис. 51–54).

Плодолистик (карпелла) — мегаспорофилл покрытосеменного растения, края которого сомкнулись и срослись, образовав замкнутую камеру, внутри которой оказался семязачаток. Плодолистики образуют один или несколько пестиков. Независимо от числа пестиков совокупность плодолистиков называется «гинецей». Понятия «плодолистик» и «пестик» могут совпадать, если гинецей представлен одним пестиком, состоящим из одного плодолистика (в цветке бобовых или сливовых G_1. В цветке пасленовых пестик тоже один, но он состоит из двух сросшихся плодолистиков — $G_{(2)}$. В таком случае плодолистик является частью пестика. В цветке шиповниковых, лютиковых, магнолиевых, где плодолистиков много и они не срастаются между собой, напоминая шишку сосны или ели, понятия «пестик» и «плодолистик» тоже совпадают — $G\infty$ — пестиков много. Если плодолистик один, то он имеет одногнездную (однокамерную) завязь, в которой расположено разное число семязачатков: у вишни — один, у гороха — несколько. Если пестик состоит из двух или нескольких сросшихся плодолистиков, то число гнезд может быть различно: одно (подсолнечник), два (пасленовые), три (лилейные) или много (цитрусовые). Это зависит от степени сохранения плодолистиком своей отдельности: чем выше уровень организации гинецея, тем меньше выражена индивидуальность каждого плодолистика. Самые продвинутые в эволюционном отношении семейства — астровые, мятликовые, орхидные — имеют одногнездную завязь.

Пыльца — совокупность пыльцевых зерен (пылинок) голосеменных и покрытосеменных растений. У покрытосеменных образуется в пыльниках тычинок, у голосеменных — в спорангиях пыльниковых (мужских) шишек. Зрелая пылинка состоит из двух клеток — вегетативной и генеративной — и покрыта двойной оболочкой: внешней — экзиной, внутренней — интиной. При прорастании пыльцы на семязачатке у голосеменных и на рыльце пестика у покрытосеменных из вегетативной клетки образуется пыльцевая трубка, из генеративной — два спермия. Пыльцевые зерна образуются из спор (микроспор), они гомологичны мужскому гаметофиту. У семенных растений мужской гаметангий — антеридий — редуцирован (см. рис. 20).

Сборная костянка — плод растений рода малина, ежевика, который образуется из цветка с большим количеством пестиков, т.е. имеющего апокарпный гинецей. Состоит из многочисленных сочных плодов-костянок, сидящих на сухом коническом цветоложе (см. рис. 51).

Сборная семянка (многосемянка) — плод растений родов земляника (клубника), лютик, лапчатка, который образуется из цветка с большим количеством пестиков — апокарпный гинецей. Состоит из сухих односемянных плодиков-семянок, сидящих на сухом цветоложе, за исключением земляники, у которой цветоложе разросшееся, сочное (см. рис. 51).

Семя — орган размножения цветкового растения, который образуется в результате двойного оплодотворения из семязачатка. Обязательные части семени — зародыш и кожура, у многих растений имеется эндосперм (злаковые, пасленовые, гречишные, маковые). *Зародыш семени* — новое поколение, образующееся в результате развития зиготы и имеющее диплоидный набор хромосом. Состоит из зародышевых органов — корешка, стебелька и почки. Первые листья зародыша — семядольные (семядоли). У однодольных растений одна семядоля, у двудольных — две. *Эндосперм семени* — триплоидная питательная ткань, которая формируется в результате двойного оплодотворения из триплоидной клетки (центральное ядро и спермий) (см. рис. 48).

Семянка — простой сухой односемянный псевдомонокарпный плод, состоящий из кожистого околоплодника и свободно лежащего внутри него семени (подсолнечник) (см. рис. 54). Для распространения семянок существует много приспособлений: летучки (одуванчик), хохолки (осот), крылатки (ясень), прицепки (репейник).

Соплодие — собрание плодов растения, которые при созревании не распадаются, а остаются единым целым. Соплодие образуется не из одного цветка, а из соцветия, при полном срастании его цветков. Большинство соплодий являются сухими: это «клубочки» свеклы, состоящие из нескольких орешков; соплодия инжира и шелковицы также состоят из орешков, погруженных в сочную мякоть осей соцветия. У ананаса все плоды в соплодии сочные.

Соцветие — специализированный цветоносный побег, который несет цветки и видоизмененные прицветные листья (см. рис. 45). *Простые* соцветия несут на главной оси цветки — на цветоножках или сидячие. К ним относятся: кисть (черемуха), простой колос (подорожник), головка (клевер), корзинка (подсолнечник), зонтик (лук), щиток (груша), початок (белокрыльник). *Сложные* соцветия имеют ветвящуюся ось, на которой также могут быть цветки как на цветоножках, так и сидячие. Это метелка овса, сложный колос пшеницы, сложный зонтик укропа.

Стручок — простой сухой многосемянный ценокарпный плод, раскрывающийся двумя створками. Форма его удлиненная, семена лежат на перегородке, которая делит плод на два гнезда. Укороченный плод называется стручочком. Характерен для семейства капустных (см. рис. 53).

Тыквина — простой сочный многосемянный ценокарпный плод представителей семейства тыквенных (огурец, арбуз, тыква, дыня), у которого наружная часть околоплодника (экзокарпий) при созревании плода одревесневает, а внутренняя (мезокарпий и эндокарпий) остается сочной.

Тычинка — видоизмененный микроспорофилл покрытосеменного растения. Она состоит из тычиночной нити (имеющей листовое происхождение) и пыльника. Пыльник образован двумя пыльцевыми мешками, соединенными связником — продолжением тычиночной нити. Каждый пыльцевой мешок состоит из двух гнезд пыльника — собственно микроспорангиев, где происходит микроспорогенез и образуются микроспоры, а затем пыльца. При созревании пыльцы гнезда вскрываются разными способами и освобождают пыльцу. Стенки гнезда пыльника выполняют ряд конкретных функций: наружный слой — эпидерма — покрывает пыльник; следующий — субэпидерма — образует фиброзный слой, разрывающий пыльник; внутренний слой — выстилающий (тапетум) идет на питание пыльцы.

Условия прорастания семян. По характеру прорастания семена подразделяются на две группы: семена с надземным прорастанием и вынесением семядолей на поверхность почвы (фасоль, огурец, редис) и семена с подземным прорастанием, когда семядоли остаются в почве и гипокотиль не удлиняется (горох, бобы, дуб). При посеве семян эту особенность надо учитывать и надземно прорастающие семена не заделывать в почву глубоко. Для того чтобы семена проросли, необходимы следующие условия: вода, тепло, кислород, физиологически активные вещества и у большинства семян наличие периода покоя (от нескольких дней до нескольких лет). В растениеводстве применяются приемы сокращения периода покоя: стратификация (выдерживание при низкой температуре) и скарификация (механическое повреждение кожуры семени для доступа кислорода воздуха к зародышу).

Формула цветка — краткое условное обозначение строения цветка, по которому можно определить систематическое положение растения. Так, формула цветка капусты записывается:

$$*Ч_4Л_4Т_{2+4}П_1 \text{ или } *Ca_4Co_4A_{2+4}G_{(\underline{2})},$$

где * — цветок правильный; $Ч_4$ — чашечка из четырех свободных чашелистиков; $Л_4$ — венчик из четырех свободных лепестков; $Т_{2+4}$ — тычинок шесть, из них две короткие и четыре длинные; $П_1$ — пестик один. Эта формула характерна для всех представителей семейства крестоцветных (капустных).

Цветок — орган семенного размножения покрытосеменных (цветковых) растений. Представляет собой укороченный, ограниченный в своем росте видоизмененный побег, выполняющий следующие функции: образование спор, гаметофитов и гамет, опыление, оплодотворение, образование семян и плодов. Цветки бывают обоеполыми (яблоня) и однополыми — тычиночными и пестичными (огурец, кукуруза). Цветок состоит из *стеблевой* части — цветоножки и цветоложа, на котором расположены чашелистики, лепестки, тычинки и в центре — пестик (пестики), имеющие *листовое* происхождение.

Центральное ядро (вторичное ядро) — диплоидное ядро, образовавшееся в центре зародышевого мешка из двух слившихся полярных ядер.

Чашечка (Са, Calyx — каликс) — наружный круг околоцветника цветка, представленный обычно зелеными листочками — чашелистиками (земляника, огурец), иногда чашечка окрашена в другие цвета — у дельфиниума, аквилегии, купальницы, фуксии.

Эндосперм — ткань внутри семени, выполняющая запасающую функцию. В семени голосеменных эндосперм гаплоидный, он образуется до оплодотворения из мегаспоры и является женским гаметофитом. У покрытосеменных эндосперм триплоидный, образующийся в результате двойного оплодотворения из оплодотворенного центрального ядра зародышевого мешка. За счет эндосперма питается зародыш семени, поглощая запасные углеводы, белки, жиры (см. рис. 50).

Яблоко — простой сочный многосемянный ягодовидный ценокарпный плод, в образовании которого, кроме нижней завязи, принимают участие цветоложе и цветочная трубка, которая представлена сросшимися основаниями чашелистиков, лепестков и тычиночных нитей. Собственно плодом являются пять пленчатых камер с семенами, образующимися из завязи. Яблоко имеется у яблони, груши, айвы, рябины, боярышника, ирги.

Ягода — простой сочный многосемянный ценокарпный плод, образующийся из завязи. Характерен для семейства пасленовых

(помидор, баклажан, картофель), лилейных (ландыш, вороний глаз, спаржа), а также для винограда, смородины, клюквы и т. д. (см. рис. 53).

III. Классификация цветковых растений

ТЕМА. Систематика цветковых растений

Многообразие дикорастущих и культурных цветковых растений и их классификация. Элементарные понятия о систематических (таксономических) категориях — вид, род, семейство, класс. Значение международных названий растений. *Класс двудольных растений*. Семейства розоцветных, бобовых, крестоцветных, пасленовых, сложноцветных. *Класс однодольных растений*. Семейства злаков, лилейных.

Отличительные признаки растений основных семейств: их биологические особенности и народнохозяйственное значение. Типичные культурные и дикорастущие растения этих семейств. Влияние хозяйственной деятельности на видовое многообразие цветковых растений. Охрана редких видов растений. Красная книга.

Задание 28

- Повторить учебный материал по данному разделу. Проанализировать рисунок 55.
- Ознакомиться с условными обозначениями для составления формулы цветка и планом конспекта.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Ответить на вопросы контрольной работы № 35 и сверить их с ответами.
- Изучить таблицы по всем семействам.
- Проанализировать таблицы 76–78.
- Проверить по словарю терминов свои знания.

План конспекта-характеристики семейства

1. Систематическое положение (отдел, класс).
2. Число видов.
3. Ареал (площадь распространения).
4. Экологические условия (среда обитания).
5. Жизненные формы (деревья, кустарники, травы).
6. Вегетативные органы:
   а) корень
   б) стебель

в) лист

г) метаморфозы (видоизменения).

7. Соцветия.
8. Цветок.
9. Формула цветка.
10. Плод, семя.
11. Особенности химического состава, наличие симбиоза.
12. Представители и их группировка по характеру хозяйственного использования (пищевые, кормовые, лекарственные, декоративные, сорные, ядовитые и прочие растения).

На живых дикорастущих, культурных или комнатных растениях найдите признаки классов однодольных и двудольных.

На живых растениях поупражняйтесь в определении главных морфологических признаков семейств покрытосеменных: тип соцветия, форма листа, жилкование листа, строение цветка.

Условные обозначения для составления формулы цветка

* — цветок правильный (актиноморфный);

↑ — цветок неправильный (зигоморфный);

Со (лат. corolla «королла») или Л (рус.) — венчик, состоит из лепестков; Са (лат. calyx «каликс») или Ч (рус.) — чашечка, состоит из чашелистиков — двойной околоцветник

P (лат. perigonium «перигониум»)или О (рус.) — околоцветник простой, состоящий из одних чашелистиков или из одних лепестков, его части называют листочками околоцветника;

А (лат. «андроцей») или Т (рус.) — тычинки;

G (лат. «гинецей») или П (рус.) — пестики;

♀ — пестичный цветок;

♂ — тычиночный цветок;

( ) — срастание частей цветка;

\+ — одинаковые части цветка, расположенные в два круга;

, — одинаковые части цветка, различающиеся по форме;

∞ — число частей цветка, превышающее 12.

Например, формула цветка вишни записывается так:

$$*Ч_5Л_5Т_{\infty}П_1 \text{ или } *Ca_5Co_5A_{\infty}G_1,$$

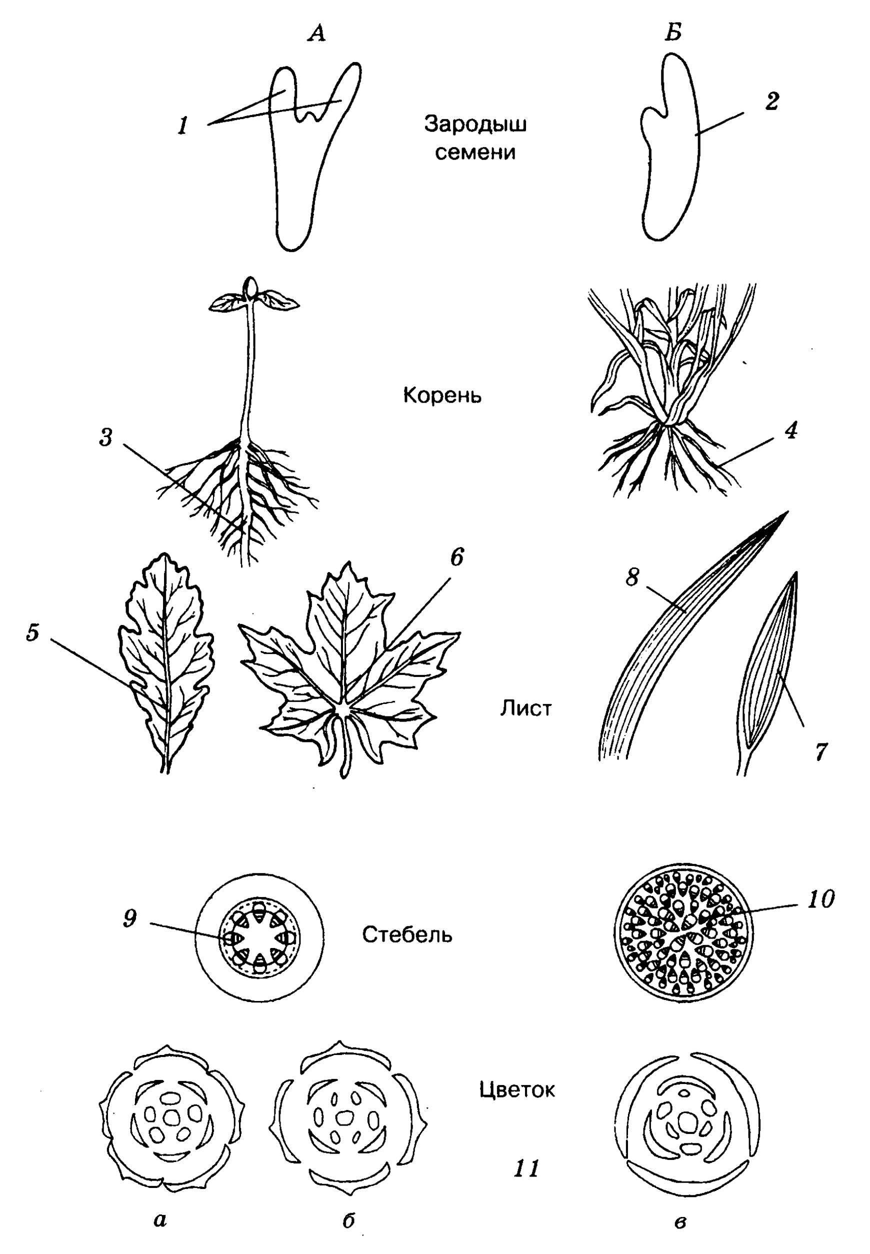


Рис. 55. Сравнение классов двудольных и однодольных растений:
А — двудольные, *Б* — однодольные; *1* — две семядоли, *2* — одна семядоля, *3* — главный корень, *4* — придаточные корни, *5* — лист с перистым жилкованием, *6* — лист с пальчатым жилкованием, *7* — лист с дуговидным жилкованием, *8* — лист с параллельным жилкованием, *9* — проводящие пучки расположены по кругу, *10* — расположенные беспорядочно проводящие пучки, *11* — диаграммы цветка (*а* — пятимерного, *б* — четырехмерного, *в* — трехмерного)

Таблица 76. Отдел Покрытосеменные

Признаки	Класс Двудольные	Класс Однодольные
Число семядолей в зародыше семени	Две	Одна
Корневая система:		
а) происхождение	Система главного корня	Система придаточных корней
б) форма	Стержневая, мочковатая	Мочковатая
Камбий	Имеется	Отсутствует
Лист	Простой, сложный; пластинка цельная, рассеченная	Простой, пластинка цельная
Жилкование	Сетчатое (перистое, пальчатое)	Параллельное, дуговидное
Число частей цветка	Кратно четырем, пяти	Кратно трем
Главнейшие семейства	Розоцветные, Бобовые, Крестоцветные, Пасленовые, Сложноцветные	Лилейные Злаковые

Вопросы для самоконтроля

- По каким признакам отличают представителей класса Однодольных от представителей класса Двудольных растений?
- Какие семейства относятся к классу Двудольных?

Класс Двудольные

Семейство Розоцветные

- Какие растения относят к семейству Розоцветные?
- Что преобладает среди розоцветных — деревья, кустарники, травы?
- Какой формы листья у розоцветных?
- Какие из представителей семейства Розоцветные размножаются с помощью корневых отпрысков, усов?
- Как по строению цветка определить, что земляника относится к классу Двудольные, семейству Розоцветные?

- Чем отличаются друг от друга цветки вишни и малины?
- Что общего и различного в строении плодов земляники и малины?
- Какие растения имеют плод яблоко, какие — костянку?
- Какую роль в природе и хозяйстве человека играют растения из семейства розоцветные?

Семейство Бобовые

- Какие растения относятся к семейству бобовые?
- У каких представителей этого семейства стебель вьющийся, цепляющийся, прямостоячий, ползучий?
- У каких растений листья тройчатые, у каких — парноперистосложные с усиками, у каких — непарноперистосложные без усиков с листочком на верхушке?
- Какие организмы поселяются на корнях бобовых и живут с ними в симбиозе?
- Какого типа соцветия встречаются у бобовых?
- Чем отличается цветок бобовых от цветка розоцветных?
- Какие лепестки носят названия «парус», «весла», «лодочка»?
- Сколько тычинок у бобовых и как они расположены?
- В чем особенности плода боб?
- Как устроено семя фасоли?
- С чем связано богатство белком семян и вегетативных органов бобовых?
- Какую роль играют бобовые в почвообразовательном процессе?
- Какие из представителей бобовых относятся к пищевым, какие — к кормовым, какие — к сорным растениям?

Семейство Крестоцветные (Капустные)

- Какие растения относятся к семейству крестоцветные?
- Какие видоизменения вегетативных органов у редиса, кочанной капусты?
- Какое соцветие у редиса, сурепки, пастушьей сумки?
- Как отличить по цветку представителей семейства крестоцветных?
- Чем отличается стручок от боба?
- Какие растения из крестоцветных относятся к пищевым, кормовым, сорным?

Семейство Пасленовые

- Какие растения относятся к пасленовым?
- Каково происхождение клубней картофеля? Какое питательное вещество они запасают?
- Какие признаки строения цветка объединяют растения в семейство пасленовые?
- Какой тип плода у томатов, картофеля, баклажанов, белены, табака?
- Какие растения из семейства пасленовых являются пищевыми, какие — ядовитыми, какие — лекарственными, какие — декоративными?

Семейство Сложноцветные (Астровые)

- Какие растения относятся к семейству сложноцветные?
- По какому признаку можно отличить представителей данного семейства?
- Какие типы цветков могут формировать соцветие корзинку?
- Как различаются по функциям цветки сложноцветных?
- Как различаются по форме, внешнему виду, окраске и функции цветки в корзинке подсолнечника, василька, одуванчика?
- Какие пищевые растения относятся к семейству сложноцветные, какие лекарственные и декоративные растения?
- Почему такие растения, как одуванчик, бодяк, осот, горчак, являются трудноискореняемыми сорными растениями?

Класс Однодольные

Семейство Лилейные

- Какие растения относятся к семейству лилейные?
- По каким признакам их относят к классу однодольные?
- Какого типа корневая система у репчатого лука, какой тип жилкования у его листьев?
- Как устроен цветок у тюльпана?
- Чем отличается простой околоцветник от двойного?
- Какого типа плод у ландыша, у тюльпана?
- Чем обусловлены вкус и запах у лука и чеснока, в чем их пищевая и лекарственная ценность?

Семейство Злаковые (Мятликовые)

- Какая жизненная форма преобладает у злаковых — деревья, кустарники, травы?
- По каким признакам строения вегетативных органов можно определить представителей семейства злаковых?
- Какого типа сложные соцветия у овса, ржи, кукурузы, тимофеевки?
- Что такое колосок у злаков и из чего он состоит?
- Чем объяснить то, что цветки злаков неяркие, непахучие, мелкие, с преобладанием пленок, чешуек, щетинок?
- Чем отличается по типу опыления рожь от ячменя?
- Как называется плод злаков и каково его строение?
- Какие злаки относятся к пищевым растениям?
- Какие три злака являются главными пищевыми культурами на Земле?
- Какие злаки возделывают для кормовых целей?
- Какова роль злаков как компонентов биоценозов лугов, лесов?

Таблица 77. Характеристика семейства Розоцветные

Представители Подсемейства	Жизненная форма	Вегетативные органы. Соцветия	Цветок	Плод	Значение представителей семейства
Яблоневые: Яблоня Груша Рябина Боярышник Ирга	Деревья, кустарники	Листья простые, цельные, с прилистниками или листья перистосложные; соцветия — щиток, простой зонтик, кисть	Цветок правильный, околоцветник двойной, чашечка из 5 чашелистиков, венчик свободнолепестный из 5 лепестков, тычинок много, пестик один, завязь нижняя. $*Ч_5Л_5Т_\infty П_1$	Яблоко	Главные *плодовые растения* умеренной зоны. *Древесные растения*: яблоня, груша, рябина, боярышник, слива, вишня, черешня, абрикос, персик *Кустарники*: малина, ежевика, роза *Травы*: земляника, клубника. Роза (шиповник) является эфиромасличным и витаминным растением. Гибридные сорта розы — декоративные растения *Лекарственные растения*: шиповник, малина, черемуха, лапчатка *Поделочный материал* дает древесина груши, вишни, абрикоса, рябины
Розанные: Роза Земляника Малина Лапчатка Манжетка	Травы, кустарники	Листья тройчатосложные, с прилистниками. Видоизмененные побеги — усы или листья перистосложные или простые, соцветие кисть или цветки одиночные	Цветок правильный, околоцветник двойной, чашечка из 10 чашелистиков, расположенных в два ряда, венчик из 5 свободных лепестков, тычинок много, пестиков много, завязь верхняя. $*Ч_{(5+5)}Л_5Т_\infty П_\infty$ (травы)	Сборная семянка, сборный орешек, сборная костянка	
Сливовые: Слива Вишня Абрикос Персик Черемуха	Деревья, кустарники	Листья простые, цельные, с прилистниками. Соцветия простой зонтик и кисть	Цветок правильный, околоцветник двойной, чашечка из 5 чашелистиков, венчик из 5 лепестков, тычинок много, пестик один, завязь верхняя. $*Ч_5Л_5Т_\infty П_1$	Костянка	

Таблица 78. Сравнительная характеристика семейств отдела Покрытосеменные

Семейство	Жизненная форма	Формула цветка	Плод	Представители	Значение
Розоцветные 3 тыс. видов	Деревья, кустарники, травы	$*Ч_5Л_5Т_\infty П_1$ вишня $*Ч_{5+5}Л_5Т_\infty П_\infty$ земляника $*Ч_5Л_5Т_\infty П_1$ (яблоня)	Костянка, сборная семянка, яблоко	Яблоня, груша, вишня, слива, роза, земляника, малина	Плодовые деревья, кустарники, травы. Лекарственные, эфиромасличные, декоративные растения
Бобовые 12 тыс. видов	Кустарники, травы, редко деревья	$\uparrow Ч_{(5)}Л_{1,2(2)}Т_{(5+4),1}П_1$ Венчик мотыльковый, состоит из паруса, весел и лодочки	Боб	Горох, фасоль, клевер, люцерна, люпин, желтая акация, верблюжья колючка	Кормовые, пищевые культуры. Медоносы. Важная роль в севооборотах — обогащение почвы азотом, фиксированным клубеньковыми бактериями. Декоративные, лекарственные растения
Крестоцветные (капустные) 2 тыс. видов	Травы	$*Ч_4Л_4Т_{2+4}П_1$	Стручок, стручочек	Капуста, редис, репа, сурепка, пастушья сумка	Пищевые, кормовые культуры. Медоносы. Сорняки
Пасленовые 2200 видов	Травы, реже кустарники	$*Ч_{(5)}Л_{(5)}Т_5П_1$	Ягода, коробочка	Картофель, помидоры, табак, белена, дурман, паслен	Пищевые, кормовые культуры. Декоративные растения. Ядовитые растения, применяющиеся для изготовления лекарственных препаратов

Окончание табл. 78

Семейство	Жизненная форма	Формула цветка	Плод	Представители	Значение
Сложноцветные (Астровые) 20 тыс. видов	Травы, полукустарники	Соцветие корзинка: $*Ч_5Л_{(5))}Т_5П_1$; цветки трубчатые; $\uparrow Ч_5Л_{(5)}Т_5П_1$ цветки язычковые	Семянка	Подсолнечник, ромашка, василек, одуванчик, бодяк, астра, топинамбур, полынь, георгины	Пищевые, декоративные, медоносные растения. Лекарственные. Сорняки. Некоторые вызывают аллергию (амброзия)
Лилейные* 3 тыс. видов	Травы, кустарники, деревья (юкка, драконово дерево)	$*О_{3+3}Т_{3+3}П_1$	Ягода, коробочка	Лук, чеснок, тюльпан, ландыш, лилия, спаржа	Пищевые культуры. Лекарственные, декоративные растения
Злаковые (Мятликовые) 12 тыс. видов	Травы, древовидная трава бамбук	Соцветие сложный колос, метелка, початок $\uparrow О_{(2)+2}Т_3П_1$	Зерновка	Пшеница, рожь, рис, кукуруза, пырей, тимофеевка, мятлик, бамбук, тростник	Главные хлебные культуры. Кормовые культуры. Корневищные злаки (пырей ползучий) — сорняки. Аллергены

* Семейство лилейные дается в объеме, принятом в пособиях для поступающих в вузы.

Контрольная работа № 35

1. Для какого класса характерны следующие признаки: в зародыше семени две семядоли, имеется камбий, листья простые и сложные (однодольные, двудольные)?
2. Какие признаки характерны для класса однодольных (главный корень стержневой, корни придаточные мочковатые, число частей цветка кратное 5, кратное 3)?
3. Для каких семейств характерны следующие формулы цветка:

$$\uparrow Ч_{(5)}Л_{1,2,(2)}Т_{(5+4),1}П_1;\ {*}Ч_{(5)}Л_{(5)}Т_5П_1;\ {*}О_{3+3}Т_{3+3}П_1.$$

4. Для каких семейств характерны следующие типы плода: семянка, зерновка, коробочка, ягода, стручок, костянка, боб?
5. У представителей какого семейства встречается несколько типов цветка, различающихся по форме и функции (бобовые, пасленовые, сложноцветные, лилейные)?
6. Сколько цветков в одном колоске злаков: пшеница (1, 2, 3 и более), рожь (1, 2, 3 и более), ячмень (1, 2, 3 и более)?
7. Какой тип соцветия у овса (метелка, сложный колос), у ячменя (метелка, сложный колос)?
8. К каким растениям относится кукуруза (однодомное, двудомное)?

Экология покрытосеменных

В настоящее время господствующие на Земле покрытосеменные — самые молодые и многочисленные растения. Свой путь эволюции они прошли в тех условиях обитания, которые были характерны для конца мезозоя и кайнозоя, т. е. в среде, близкой к современной. Поэтому их строение и жизнедеятельность наиболее соответствуют экологическим условиям различных природно-климатических зон земного шара и сложившемуся более древнему растительному и животному миру. Из всех растений покрытосеменные наиболее широко распространены как в естественных местах обитания, так и в условиях агрокультуры. Эволюция млекопитающих, птиц, насекомых во многом связана с цветковыми растениями, и они друг для друга не только пища, среда обитания, но и во многом средство для выживания и размножения. Так, семена малины лучше всходят, если пройдут через пищеварительный тракт птицы, которая поедает плод этого растения. Травоядные животные, питаясь травой, своими экскрементами удобряют почву, создавая лучшие условия для

жизни этих же трав. Насекомые, питаясь пыльцой и нектаром цветков, содействуют перекрестному опылению растений. Но в то же время гигантские стаи саранчи уничтожают огромные поля; стада коз полностью, с корнями выбирают растения, оставляя голые пустоши. В результате таких взаимодействий в природе численность какой-либо популяции увеличивается, а затем резко уменьшается, что касается в равной мере и саранчи и коз, так как они сами впоследствии остаются без корма и гибнут.

Культурные растения, возделываемые человеком с каменного века, за многие тысячелетия выведены из диких растений методом «народной селекции». Это пищевые, кормовые, прядильные, красильные, пряные, декоративные, лекарственные растения. И все то время, в течение которого человек занимался земледелием, ему приходилось бороться с сорными растениями, болезнями, паразитами, вредителями. Так, сорняки — это те же покрытосеменные растения, обитавшие на данной местности ранее (аборигены) или завезенные самим человеком с семенами из другой местности. Поскольку они всегда подвергались истреблению, у них произошел отбор на жизнеспособность, устойчивость, интенсивность размножения как семенами, так и вегетативно. Поле, оставленное без ухода, тут же заполняется сорняками, которые затеняют культурные растения, высасывают из почвы воду и питательные вещества, угнетают их ядовитыми корневыми выделениями, в результате чего урожай резко снижается. Для борьбы с сорными растениями, грибными и вирусными болезнями, паразитическими цветковыми растениями и насекомыми-вредителями используются пестициды (убивающие все живое), гербициды (уничтожающие сорняки), инсектициды (убивающие насекомых). Но неумелое и неумеренное применение этих средств губительно подействовало на человека и животных — потребителей растений. Поэтому в настоящее время ставятся задачи шире применять экологически чистые биологические методы защиты растений, совершенствовать агротехнику, соблюдать севообороты, лучше очищать семена, охранять и разводить полезных птиц, насекомых, выводить новые сорта растений, устойчивые к болезням и вредителям. Последнее особенно важно, так как гены природной устойчивости — иммунитета — для растений так же характерны, как для животных и человека, но надо их выявить и перевести в гомозиготное состояние.

Покрытосеменные растения вместе с голосеменными создают среду обитания человека — это «зеленые легкие» Земли, это це-

лостность нашей природы, ее красота, неповторимость, это пища и здоровье людей как в духовном, так и в физическом смысле. Однако лесные пожары, вырубки, вытаптывание, загазованность, радиационное облучение, осушение, затопление меняют лицо планеты, создают угрозу существованию человека. Научно-техническая революция внесла непредвиденные изменения в природную среду. Глубоко нарушено экологическое равновесие Кольского полуострова, Тюменского Севера, окрестностей озера Байкал. На наших глазах погибают Аральское море и озеро Балхаш. Почти вырублена тайга в европейской части. Все люди Земли, а нашей страны в особенности должны помнить об этом, и теперь от каждого человека, от его отношения к природе зависит будущее. Каждый человек должен охранять природу всеми доступными ему средствами, начиная от пропаганды идей охраны природы и кончая организацией природоохранной работы. В Красную книгу занесено 600 видов покрытосеменных.

ТЕМА. Развитие растительного мира на Земле

Основные этапы исторического развития и усложнения растительного мира на Земле. Создание культурных растений человеком. Достижения ученых в выведении новых сортов растений.

Задание 29

- Повторить учебный материал, обобщив свои знания по ботанике.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Проанализировать таблицу 79.

Вопросы для самоконтроля

- Какая эра следует за звездной эрой?
- Назовите эры в хронологическом порядке.
- На какие периоды делят палеозойскую эру?
- Назовите периоды мезозойской эры.
- В какую эру возникли на Земле живые организмы?
- Как питались первые живые организмы?
- Какие организмы являются общими предками растений и животных?
- Когда возникли первые автотрофные организмы?
- Какие организмы господствовали в протерозое и стимулировали развитие животного мира в морях?
- В каком периоде палеозойской эры растения вышли на сушу?
- Какие это были растения?
- Какие растения господствовали в каменноугольном периоде и благодаря чему этот период получил свое название?
- Почему семенные растения победили в борьбе за существование?

- В какой эре и каком периоде появились на Земле покрытосеменные растения?
- Какую роль (положительную и отрицательную) оказывает человек на дальнейшее развитие растительного мира?
- Какие мероприятия проводятся в нашей стране по охране редких и исчезающих видов растений? Что такое Красная книга флоры?

* * *

Анализируя таблицы 61, 66, обратите внимание на появление *ароморфозов*: автотрофное питание, выделение свободного кислорода, образование хлорофилла, появление ядра, возникновение многоклеточного тела — слоевища, вегетативных органов (корень, стебель, лист), развитие двух типов спор (крупных и мелких), редукция заростка, совершенствование спорофита, перенос спермиев с помощью пыльцевой трубки, формирование цветка, семени, плода, появление двойного оплодотворения и т. д.

Там же найдите *идиоадаптации*: появление тканей у высших растений, видоизменения вегетативных органов, симбиоз, приспособления к различным агентам опыления, приспособления к распространению плодов и семян, листопадность, появление различных жизненных форм, вегетативное размножение и т. д.

Отметьте в таблицах *дегенерации*: редукцию многоклеточных заростков у семенных растений, редукцию архегониев у покрытосеменных и антеридиев у семенных растений, редукцию корней и хлорофилла у цветковых растений-паразитов и т. д.

Словарь основных терминов и понятий

Астровые (Сложноцветные) — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу двудольных. Представлено в основном травами. Корневая система стержневая. Стебель прямостоячий. Листья простые цельные или рассеченные, без прилистников. Имеются видоизменения вегетативных органов: главного корня (корнеплод цикория), придаточных корней (корневые клубни георгины), побега (клубни топинамбура), которые служат для запасания питательных веществ (главным образом полисахарида инулина). Для бодяка, осота, одуванчика характерно образование придаточных почек на корнях — это корнеотпрысковые растения (трудноискоренимые сорняки). Многие растения содержат млечный сок (одуванчики, цикорий, салат). Цветки собраны в соцветие корзинка, окруженное оберткой из зеленых или чешуевидных листьев (рис. 56). Наиболее часто встречаются четыре типа цветков: трубчатые, язычковые,

Таблица 79. Развитие растительного мира на Земле

Эры (продолжительность)	Периоды	Появляющиеся растения	Господствующие растения	Вымирающие растения
Кайнозойская, возраст 62–70 млн лет	Антропогеновый Неогеновый Палеогеновый	Культурные растения Современные покрытосеменные	Современная флора	Виды, подвергающиеся биологическому регрессу
Мезозойская, возраст 240 млн лет	Меловой	Древние покрытосеменные	Современные голосеменные	Голосеменные, папоротники
	Юрский	Первые покрытосеменные	Голосеменные	Древние голосеменные
	Триасовый	Современные голосеменные	Древние голосеменные	Семенные папоротники
Палеозойская, возраст 570 млн лет	Пермский	Древние голосеменные	Семенные папоротники, травянистые папоротники	Древовидные папоротники, хвощи, плауновидные
	Каменноугольный	Семенные папоротники	Гигантские папоротники, хвощи, плауны	Псилофиты
	Девонский	Грибы, мхи, папоротники, хвощи, плауны	Псилофиты, водоросли	
	Силурийский	Псилофиты	Водоросли	
	Ордовикский Кембрийский	Крупные многоклеточные водоросли	Бактерии, цианобактерии, зеленые и красные водоросли	Многие виды водорослей
Протерозойская, возраст 2600 млн лет	—	Зеленые и красные водоросли	Зеленые водоросли, цианобактерии, бактерии	—
Архейская, возраст 3500 млн лет	—	Цианобактерии, бактерии	—	—

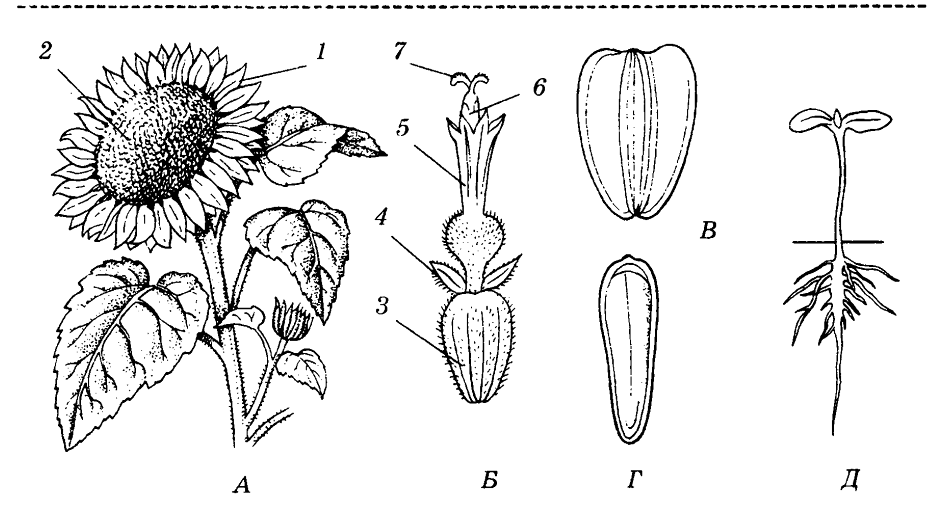


Рис. 56. Семейство Астровые — подсолнечник:
А — побег с соцветием, *Б* — трубчатый цветок, *В* — плод семянка, *Г* — семя в разрезе, *Д* — проросток; *1* — ложноязычковые цветки, *2* — соцветие корзинка, *3* — нижняя завязь, *4* — чашечка, *5* — трубчатый венчик, *6* — тычинки, *7* — двулопастное рыльце пестика

вые, ложноязычковые и воронковидные. Различные сочетания этих цветков делают соцветия яркими, хорошо заметными для опылителей. Эти цветки различаются не только по форме околоцветника, но и по функции — трубчатые и язычковые цветки обоеполые, образующие семена и плоды, в то время как ложноязычковые и воронковидные бесплодные, служат для привлечения насекомых. Трубчатые цветки подсолнечника, ромашки, пижмы имеют формулу $*Ч_5Л_{(5)}Т_5П_1$ ($*Ca_5Co_{(5)}A_5G_{(\bar{2})}$).

Бесплодные ложноязычковые цветки (желтые, белые, красные, фиолетовые), расположенные по краю корзинки подсолнечника, ромашки, астры, хризантемы, окружают невзрачные трубчатые цветки; воронковидные цветки, тоже яркие и красивые, выполняют аналогичную функцию у василька. Язычковые цветки одуванчика, осота, цикория имеют формулу $\uparrow Ч_5Л_{(5)}Т_5П_1$ ($\uparrow Ca_5Co_{(5)}A_5G_{(\bar{2})}$), они обычно в корзинке находятся одни. Плод у представителей семейства — семянка, часто с летучкой (одуванчик), хохолком (осот), прицепками (череда, репейник). Представители семейства — подсолнечник, салат, цикорий, артишок (пищевые), топинамбур (кормовое), ромашка, пижма, календула, полынь (лекарственные), георгина, астра, хризантема (декоративные), одуванчик, осот, бодяк (сорные), амброзия (вызывает аллергию). Астровые — самое молодое и самое большое

семейство класса двудольных растений, насчитывающее более 20 тыс. видов.

Бобовые — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу двудольных (рис. 57). Представлено в основном травами, за исключением кустарника караганы (желтой акации) и древесного растения робинии (белой акации). Корневая система стержневая, у многолетников мочковатая. На корнях образуются клубеньки с азотфиксирующими бактериями. Стебель прямостоячий, вьющийся, цепляющийся, ползучий. Листья преобладают сложные с прилистниками, у некоторых с усиками. Цветки одиночные или собраны в соцветия — кисть или головка. Цветок мотыльковый, имеет формулу $\uparrow Ч_{(5)}Л_{1,2,(2)}Т_{(5+4),1}П_1$ ($\uparrow Ca_{(5)}Co_{1,2,(2)}A_{(5+4),1}G_1$). Плод — боб. Семена представлены кожурой и крупным зародышем, запасающим белок в семядолях. Представители семейства — горох, фасоль, соя (пищевые), люцерна, клевер, вика, верблюжья колючка (кормовые), душистый горошек, робиния, карагана (декоративные), копеечник, термопсис (лекарственные), люпин и другие растения обогащают почву азотом, поэтому играют большую роль в севооборотах.

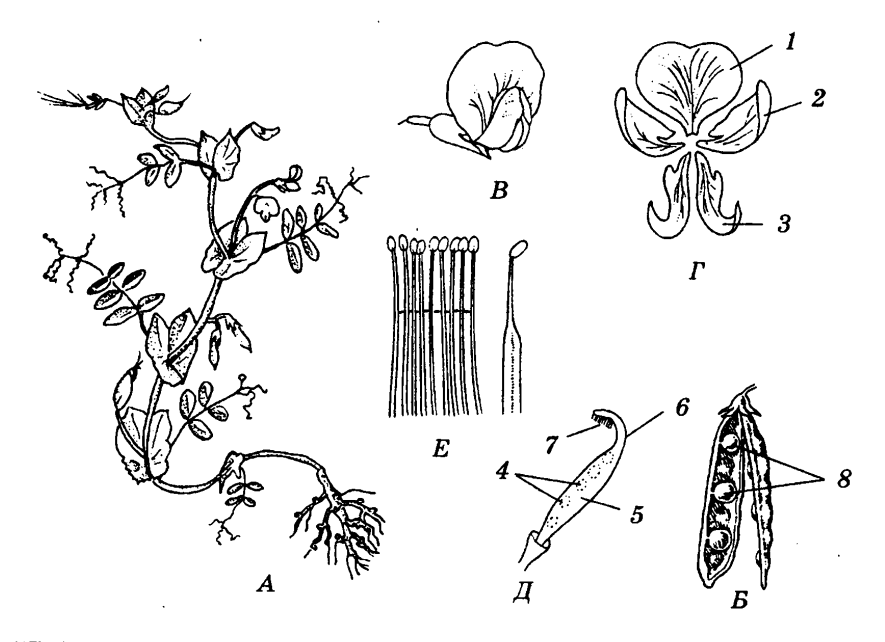


Рис. 57. Семейство Бобовые — горох посевной:
А — побег с цветками, *Б* — плод боб, *В* — цветок, *Г* — мотыльковый венчик, *Д* — пестик (монокарпный гинецей), *Е* — тычинки (двубратственный андроцей); *1* — парус, *2* — весла, *3* — лодочка, *4* — семязачатки, *5* — завязь, *6* — столбик, *7* — рыльце, *8* — раскрывающийся боб, на створках которого расположены семена

Из семян сои вырабатывают большое количество разнообразных диетических продуктов. Семена сои и чечевицы содержат очень много белка. Он является полноценным, поскольку в его состав входят все 8 незаменимых аминокислот. Поэтому соя и чечевица могут использоваться вегетарианцами вместо мяса. Сою даже называют «зеленой коровой».

Двудольные растения — класс отдела покрытосеменных растений, для которого характерны следующие признаки: в зародыше семени две семядоли, корневая система стержневая, листья простые и сложные, цельные и рассеченные, жилкование перистое и пальчатое, имеется камбий, число членов цветка кратно 4 или 5. Сюда относятся семейства: розоцветных, бобовых, капустных, сельдерейных, пасленовых, тыквенных, астровых и др. Насчитывает 200 тыс. видов.

Капустные (Крестоцветные) — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу двудольных (рис. 58). Представлено в основном травянистыми растениями со стержневым

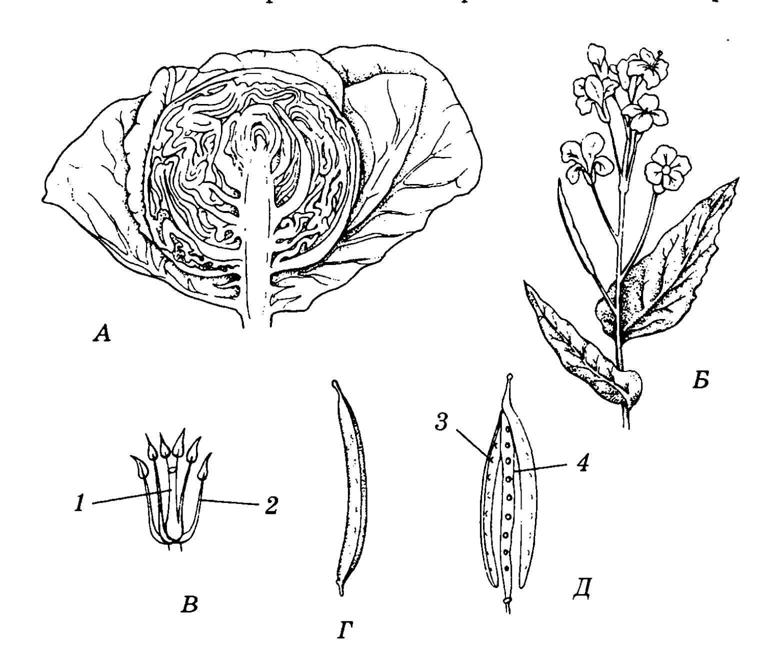


Рис. 58. Семейство Капустные — капуста огородная:
А — кочан (видоизмененная верхушечная почка главного побега), *Б* — цветоносный побег, *В* — цветок без околоцветника, *Г* — плод стручок, *Д* — раскрывшийся стручок; *1* — пестик (ценокарпный гинецей), *2* — тычинки (четырехсильный андроцей), *3* — створки стручка, *4* — перегородка, на которой находятся семена

главным корнем, часто видоизмененным в корнеплод (редис, репа, турнепс). Стебель прямостоячий, иногда клубневидно утолщенный (капуста кольраби). Листья простые цельные (капуста) или перистораздельные (редис) без прилистников. Побег видоизменяется: в кочан — верхушечная почка главного побега (капуста), кочанчики — боковые пазушные почки (брюссельская капуста). Соцветие — кисть, иногда сильно утолщенное (цветная капуста). Формула цветка $*Ч_4Л_4Т_{2+4}П_1$ ($*Ca_4Co_4A_{2+4}G_{(2)}$). Плод стручок или стручочек. Все органы растений в разной степени содержат горчичное масло. Представители — капуста, редис, хрен (пищевые), листовая капуста, турнепс (кормовые), горчица, рапс (масличные), пастушья сумка, дикая редька (сорные), имеются лекарственные и медоносные растения.

Лилейные — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу однодольных. В умеренной зоне представлено травами. Корневая система мочковатая, стебель прямостоячий, листья простые, цельные, ланцетные, заостренно-овальные, линейные, с дуговидным жилкованием (рис. 59). Цветки оди-

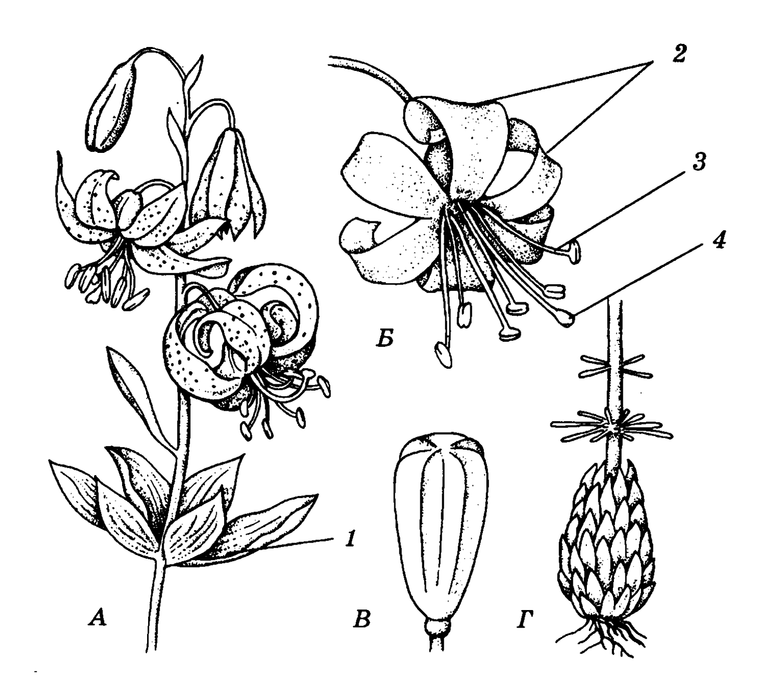


Рис. 59. Семейство Лилейные — лилия саранка:
А — цветоносный побег, *Б* — цветок, *В* — трехстворчатый плод коробочка, *Г* — луковица; *1* — мутовка листьев, *2* — листочки простого околоцветника, *3* — тычинки, *4* — пестик

ночные или в соцветии зонтик (лук, чеснок), кисть (ландыш, лилия). Формула цветка $*O_{3+3}T_{3+3}П_1$ ($*P_{3+3}A_{3+3}G_{\underline{(3)}}$). Плод — ягода (ландыш, спаржа) или коробочка (тюльпан, лук). Представители используются как пищевые и целебные (лук, чеснок), лекарственные (ландыш, алоэ), декоративные (тюльпан, лилия) растения.

Мятликовые (Злаковые) — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу однодольных (рис. 60). Представлено травами. Корневая система мочковатая, стебель соломина — полый внутри, за исключением кукурузы, проса, сахарного тростника. Ветвление стебля происходит только в узле (зоне) кущения, расположенном близ поверхности почвы. Листья линейные, влагалищные, часто с язычком и ушками. Соцветия сложные — метелка (овес), сложный колос (рожь), султан (лисохвост), початок (кукуруза). Любое сложное соцветие состоит из простых соцветий — колосков, которые, в свою очередь, состоят из одного, двух или нескольких цветков. В связи с ветро- или самоопылением околоцветник невзрачный, представлен чешуями, пленками, щетинками. Формула цветка $\uparrow O_{(2)+2}T_3П_1$ ($\uparrow P_{(2)+2}A_3G_{\underline{(2)}}$), где $O_{(2)+2}$ читается: околоцветник простой, в наружном круге две сросшиеся доли образуют

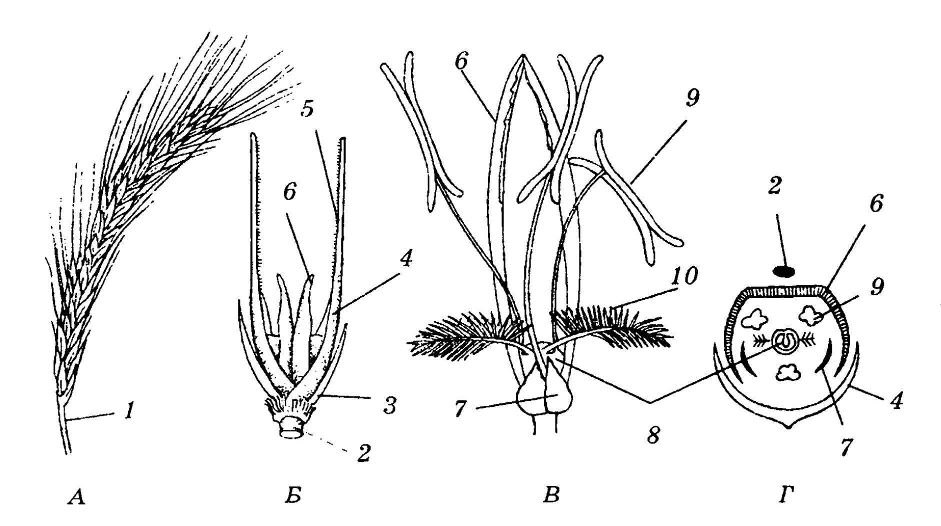


Рис. 60. Семейство Мятликовые (Злаки) — рожь посевная:
А — соцветие сложный колос, *Б* — двухцветковый колосок, *В* — цветок, *Г* — диаграмма цветка; *1* — ось сложного колоса, *2* — ось колоска, *3* — колосковая чешуя, *4* — нижняя цветковая чешуя, *5* — ость, *6* — верхняя цветковая чешуя, *7* — цветковые пленочки (лодикулы), *8* — завязь пестика (псевдомонокарпная), *9* — тычинки, *10* — два перистых рыльца

верхнюю цветковую чешую, а во внутреннем круге две свободные доли называются лодикули (пленочки). Плод — зерновка. Представители — рожь, пшеница, рис, кукуруза, просо, ячмень, овес (пищевые), многие из них имеют также и кормовое значение: тимофеевка, костер, лисохвост, мятлик (кормовые лугопастбищные); щетинник, куриное просо, пырей (сорняки). Большое значение имеют газонные травы и зеленые покрытия стадионов (мятлики, овсяницы). Пыльца злаков является аллергеном, вызывающим сенную лихорадку, особенно во время цветения.

Однодольные растения — класс отдела покрытосеменных растений, для которого характерны следующие признаки: в зародыше семени одна семядоля, корневая система мочковатая, листья простые, цельные, с параллельным дуговидным жилкованием, камбий в стебле и корне отсутствует, число частей цветка кратно 3. К этому классу относятся семейства лилейных, орхидных, осоковых, мятликовых, пальмовых (см. рис. 55). Насчитывается 64 тыс. видов.

Пасленовые — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу двудольных (рис. 61). Представлено в основном

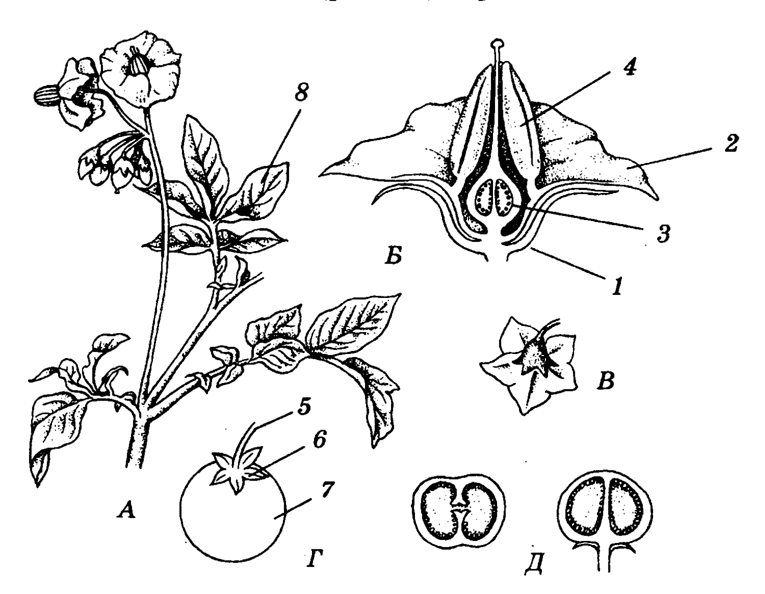


Рис. 61. Семейство Пасленовые — картофель (паслен клубненосный): *А* — цветоносный побег, *Б* — цветок в продольном разрезе, *В* — цветок со стороны сростнолистной чашечки, *Г* — ценокарпный плод ягода, *Д* — ягода на поперечном и продольном разрезе; *1* — чашелистик, *2* — спайнолепестный венчик, *3* — пестик, *4* — тычинки, *5* — плодоножка, *6* — чашечка, *7* — ягода, *8* — прерывистоперисторассеченный лист

травами. Корневая система стержневая, при вегетативном размножении — мочковатая. Стебель прямостоячий, вьющийся, стелющийся. Листья простые, цельные, перистораздельные или перисторассеченные, без прилистников. Видоизменением побега являются клубни, образующиеся на столонах у картофеля. Все органы растений в разной степени содержат ядовитые вещества (соланин, атропин, никотин), поэтому их зеленая масса не имеет кормового значения. Цветки одиночные или в соцветиях, часто имеют запах. Формула цветка $*Ч_{(5)}Л_{(5)}Т_5П_1$ ($*Ca_{(5)}Co_{(5)}A_5G_{(\underline{2})}$). Плод — ягода (томаты, картофель, баклажан) или коробочка (табак, белена). Представители семейства используются как пищевые растения (томаты, картофель, баклажан, перец), кормовые (картофель), лекарственные (красавка-белладонна), наркотические (табак, махорка), декоративные (петуния, душистый табак).

Покрытосеменные (Цветковые) — отдел самых молодых в эволюционном отношении растений, для которых характерно наличие цветка и плода. Жизненные формы: деревья, кустарники, травы — одно-, дву- и многолетники. Возникли в середине мезозойской эры. Господствуют в современных ландшафтах. Подразделяются на два класса — двудольные и однодольные. Являются главными пищевыми, кормовыми, лекарственными, техническими, декоративными растениями, а также сорняками. В настоящее время на Земле свыше 260 тыс. видов цветковых растений.

Розоцветные — семейство покрытосеменных растений, относящихся к классу двудольных (рис. 62, 63). Представлено деревьями, кустарниками, травами. Корневая система стержневая, при вегетативном размножении — мочковатая. Стебель прямостоячий, вьющийся, стелющийся, ползучий. Листья простые или сложные, с прилистниками. Видоизменения вегетативных органов — корневища, усы, колючки. Цветки одиночные или собраны в соцветия: кисть (черемуха), зонтик (вишня), щиток (груша). Околоцветник яркоокрашенный или белый, что наряду с запахом и нектаром привлекает насекомых-опылителей. Формулы цветка:

$$*Ч_5Л_5Т_\infty П_1\ (*Ca_5Co_5A_\infty G_{(\overline{5})})\ \text{яблоня;}$$
$$*Ч_{(5+5)}Л_5Т_\infty П_\infty(*Ca_{(5+5)}Co_5A_\infty G_{\underline{\infty}})\ \text{земляника.}$$

Для цветков многих видов характерно разросшееся цветоложе гипантий (земляника, шиповник), которое является главным накопителем сахаров, витаминов, биологически активных веществ

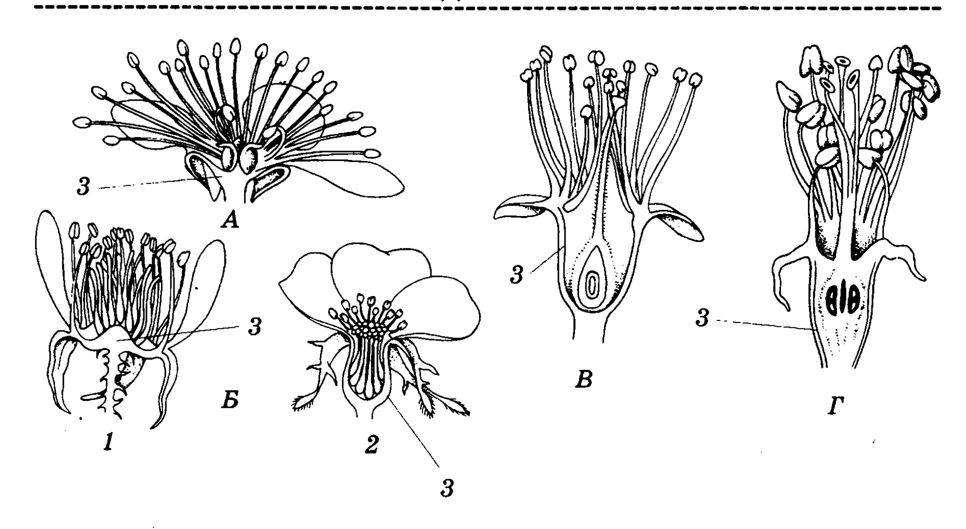


Рис. 62. Семейство Розоцветные — цветки представителей подсемейств: *А* — спирейные, *Б* — шиповниковые, *В* — сливовые, *Г* — яблоневые; *1* — малина, *2* — шиповник, *3* — различной формы разросшееся цветоложе — гипантий

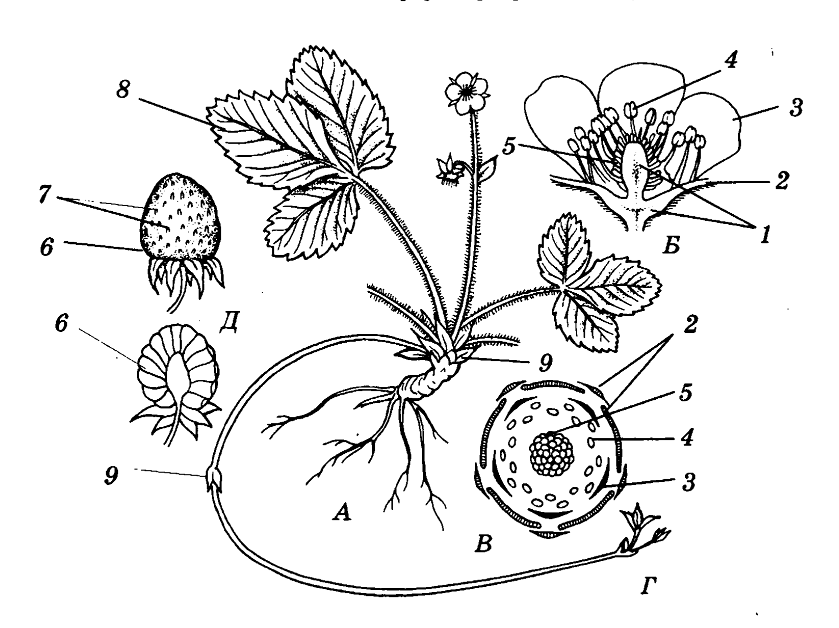


Рис. 63. Семейство Розоцветные — земляника лесная: *А* — общий вид растения, *Б* — цветок в разрезе, *В* — диаграмма цветка, *Г* — видоизмененный побег ус, *Д* — апокарпный плод многоорешек или сборная семянка (общий вид и на продольном разрезе); *1* — гипантий, *2* — чашечка с подчашием, *3* — венчик, *4* — тычинки, *5* — пестики, *6* — сочное разросшееся цветоложе (гипантий), *7* — сухие плоды семянки (орешки), *8* — тройчатосложный лист, *9* — прилистники

и в практике приравнивается к плодам (рис. 62). Плоды же бывают сухие (сборные семянки, орешки — земляника, шиповник) и сочные (яблоко у яблони и груши, костянка у вишни и сливы, сборная костянка у малины, костяники). Представители имеют пищевое, лекарственное, декоративное значение, являются медоносами, дают поделочный материал, эфирные масла. Из луговых трав распространены манжетка, лапчатка, гравилат, на болотах сабельник, таволга.

ЦАРСТВО ЖИВОТНЫЕ

ТЕМА. Зоология как предмет

Зоология — наука о животных. Значение животных в природе и жизни человека. Сходство и отличие животных и растений. Классификация животных.

Животные играют важнейшую роль не только в биоценозах, но и в жизни человека. Это домашние животные — источник пищи, шерсти, кожи; это животные, широко использующиеся для научных исследований: на них изучают строение и функции органов, влияние лекарств, реакцию на условия окружающей среды; это помощники человека в труде, спорте, отдыхе, а также в защите Родины; наконец, это «меньшие братья», друзья человека. Человек имеет по отношению к животным не только права, но и обязанности. Он несет полную ответственность за прирученное животное: оно не должно стать причиной несчастного случая, источником болезней, шума, загрязнения, моральной травмы. В обязанности человека входит разумное, рациональное отношение к диким животным, имеющим промысловое значение. Восстановление популяций этих животных идет значительно медленнее, чем истребление, особенно с помощью современных средств добычи. Человек, как истинный хозяин Земли, должен проявить себя по отношению к окружающей природе бережливым, добрым, знающим. А для этого необходимо изучать, познавать животный и растительный мир.

В этом вводном к зоологии разделе программы следует охарактеризовать многообразие животных, назвать их систематические группы, перечислив признаки, по которым они выделены. Используя схему 1, проанализируйте эволюцию строения тела животных, сопоставляя ее с общей системой царства животных, при-

веденной в части первой «Общая биология». В процессе эволюции строение тела животных усложнялось по мере изменения условий окружающей среды, поэтому надо уметь приводить примеры приспособления животных к жизни в воде, воздухе, на суше, а также к паразитизму, хищничеству. Всего насчитывается 1 500 000 видов животных.

Черты сходства между растениями и животными:

1) общность происхождения одноклеточных форм; 2) обмен веществ и энергии (питание, дыхание, выделение); 3) клеточное строение; 4) рост и способы размножения; 5) кодирование, передача и реализация наследственной информации; 6) раздражимость.

Сходство доказывает родство и единство происхождения, различия — дивергентный путь развития органического мира.

Таблица 80. Основные черты различия между растительными и животными организмами

Признаки	Зеленые растения	Животные
Способ питания	Автотрофное (фототрофное)	Гетеротрофное
Обмен веществ	Идет за счет расщепления органических веществ, образующихся в процессе фотосинтеза, из неорганических	Идет за счет расщепления органических веществ, полученных с пищей
Целлюлозная клеточная стенка	Имеется	Отсутствует
Способность к росту	На протяжении всей жизни	У большинства — только в молодом возрасте
Способность к передвижению	Не перемещаются, кроме жгутиковых организмов; тропизмы, таксисы	Активное передвижение
Активность в поисках пищи	Не активны	Активны
Роль в цепи питания	Продуценты	Консументы

Окончание табл. 80

Признаки	Зеленые растения	Животные
Высшая нервная деятельность	Отсутствует	Имеется (кроме низкоорганизованных)
Цикл развития	Зигота — зародыш — проросток — молодое растение — цветущее растение — плодоносящее растение — стареющее растение — отмершее растение	Зигота — зародыш — детеныш (личинка) — молодое животное — взрослое животное — половозрелое активное животное — стареющее животное — умершее животное
Системы органов	*Вегетативные*: корневая, побеговая. *Репродуктивные*: цветок, семя, плод	*Соматические*: опорно-двигательная, кровеносная, дыхательная, пищеварительная, выделительная, покровная, эндокринная, нервная и органов чувств. *Репродуктивные*: половая
Ткани	Образовательная, покровная, проводящая, механическая, основная	Эпителиальная, мышечная, соединительная, нервная

ТЕМА. Индивидуальное развитие организма

Развитие яйцеклеток и сперматозоидов. Оплодотворение. Развитие зародыша у животных. Дробление. Стадии бластулы и гаструлы. Зародышевые листки. Закладка и взаимодействие частей развивающегося зародыша. Вредное влияние алкоголя и курения на развитие организма человека.

Общие указания. Подготовку по зоологии лучше всего начать с изучения общих закономерностей развития животного организма. Повторить биогенетический закон Мюллера—Геккеля, стадии развития зародыша и этапы закладки органов. Связав теоретические знания с каждым типом изучаемых животных, нужно уметь дать оценку уровня организации и положения в эволюционном ряду. Прорабатывая систематику животных, необходимо не просто ее заучить, а понять, почему выделена

данная систематическая единица, чем она отличается от других и какие имеет родственные связи. Каждый последующий в эволюционном ряду тип животных характеризуется признаками более высокой организации — ароморфозами. На эти признаки обращают внимание при изучении таблиц с характеристикой типов. Если есть приспособительные признаки (к паразитизму, к жизни в воде, к полету) — идиоадаптации и упрощения — дегенерации, то их тоже нужно отметить. Тогда будут нагляднее видны особенности каждой систематической группы животных.

Задание 30

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля, проанализировать рисунок 64.
- Выполнить контрольную работу № 36.
- Дать подписи к рисунку 65.
- Проанализировать таблицу 81.

Вопросы для самоконтроля

- Что развивается из зиготы?
- Чем характеризуется процесс дробления?
- Какой набор хромосом у зиготы, у бластомеров?
- Как образуется бластула?
- Какие организмы всю жизнь живут на стадии бластулы?
- Как формируется гаструла?
- Где образуется первичное ротовое отверстие?
- Что такое первичная полость тела?
- Почему гастральная полость называется кишечной?
- Как называются зародышевые листки у гаструлы?
- Какие животные всю жизнь живут на стадии гаструлы?
- Где закладывается и как называется третий зародышевый листок?
- Чем обусловлено появление вторичной полости тела?
- Какие системы органов формируются из эктодермы, энтодермы и мезодермы?
- Из каких зародышевых листков закладываются хорда и нервная трубка?
- Каковы различия на ранних этапах развития зародыша у животных?
- Как с позиции биогенетического закона Мюллера — Геккеля объяснить тот факт, что все многоклеточные организмы проходят стадию бластулы, гаструлы?
- В какой последовательности закладываются системы органов в процессе онтогенеза?
- В какой последовательности появлялись органы животных в процессе эволюции?

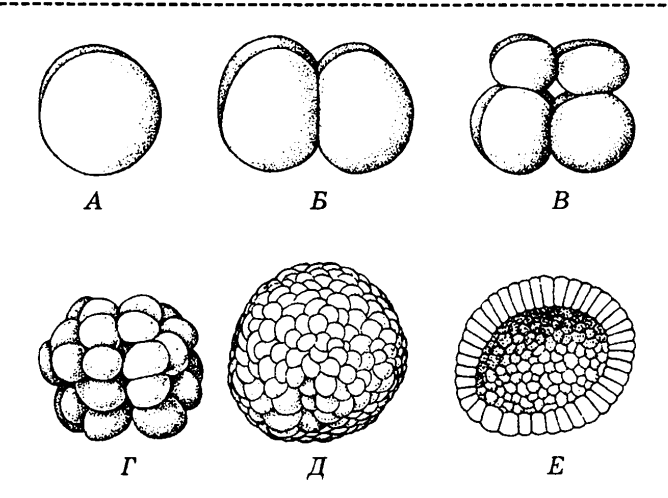


Рис. 64. Ранние стадии эмбрионального развития ланцетника:
А—В — дробление зиготы, *Г* — морула, *Д* — бластула, *Е* — бластула в разрезе, виден бластоцель, полость, заполненная жидкостью и окруженная одним слоем клеток

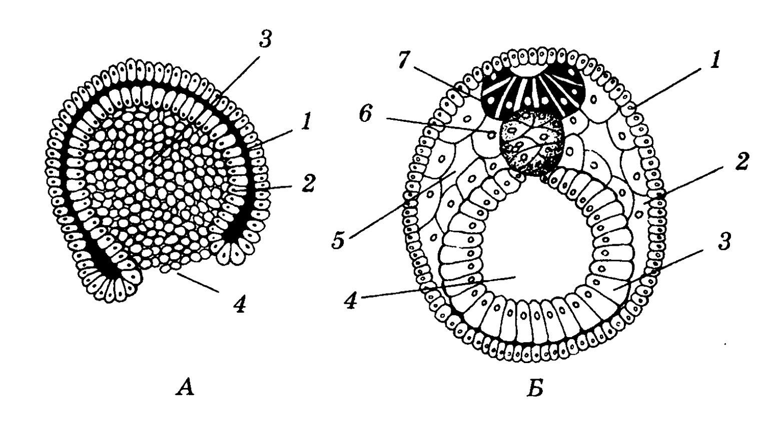


Рис. 65. Стадии эмбрионального развития: *А* — гаструла, *Б* — нейрула

Контрольная работа № 36

1. Какой набор хромосом характерен для зиготы (n, 2n, 3n)?
2. Какой набор хромосом свойствен бластомерам (n, 2n, 3n)?
3. Какой вид деления клеток происходит при дроблении (митоз, мейоз, амитоз)? Каковы его особенности (в интерфазе отсутствует g_1, g_2, S-период)?
4. На какой фазе развития зародыша начинается митоз с последующим ростом клеток (зигота, бластула, гаструла)?

5. Почему стадия двухслойного зародыша называется гаструлой (похожа на желудок; имеет кишечную полость; имеет желудок)?
6. С развитием какого зародышевого листка связано появление вторичной полости тела (эктодерма, мезодерма, энтодерма)?
7. С появлением какого зародышевого листка начинается развитие тканей и систем органов (эктодерма, энтодерма, мезодерма)?
8. За счет какого зародышевого листка образуется хорда (эктодерма, энтодерма, мезодерма)?
9. За счет какого зародышевого листка формируется спинной мозг (эктодерма, мезодерма, энтодерма)?

Таблица 81. Органы и ткани, образующиеся из зародышевых листков

Эктодерма	Энтодерма	Мезодерма
Эпидермис кожи Ногти Волосы Потовые железы Вся нервная система: головной мозг, спинной мозг, ганглии, нервы Рецепторные клетки органов чувств Хрусталик глаза Зубная эмаль	Эпителий желудка, пищевода, кишечника Эпителий трахеи, бронхов, легких Печень Поджелудочная железа Эпителий желчного пузыря Щитовидная и паращитовидная железы Эпителий мочевого пузыря Эпителий мочеиспускательного канала Хорда	Гладкая мускулатура всех органов Скелетная мускулатура Сердечная мышца Соединительная ткань Кости Хрящи Дентин зубов Кровь Кровеносные сосуды Брыжейка Почки Семенники и яичники

Систематика беспозвоночных животных

ТЕМА. Подцарство Простейшие

Общая характеристика типа. Тип Корненожки. Амеба обыкновенная. Среда обитания. Движение. Питание. Дыхание. Выделение. Размножение. Инцистирование. Тип Жгутиковые. Эвглена зеленая — одноклеточный организм с признаками животного и растения. Тип Инфузории. Инфузория туфелька. Особенности строения и процессов жизнедеятельности. Раздражимость. Многообразие и значение простейших. Малярийный паразит — возбудитель малярии. Ликвидация малярии как массового заболевания в нашей стране.



Рис. 66. Родословное дерево животных

Задание 31

- Повторить имеющийся по теме материал и проанализировать «Родословное дерево животных» (рис. 66).
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 37.
- Дать подписи к рисункам 67, 68
- Проанализировать таблицу 82, схему 46 и рисунок 69.

Вопросы для самоконтроля

- По каким признакам выделено подцарство простейших?
- Чем различаются типы подцарства простейших между собой?
- Какие органеллы характерны для клеток различных простейших?
- Что называют фагоцитозом и пиноцитозом?
- Какие признаки характерны для простейших как животных организмов?
- Почему простейших считают самыми примитивными животными?
- На какой стадии индивидуального развития особей живут простейшие на протяжении всей жизни?
- В каких условиях среды обитают представители простейших?
- Как осуществляется осморегуляция у простейших?
- У каких простейших существует половой процесс и какое это имеет значение?
- Какие реакции на раздражители наблюдаются у простейших?
- В каком состоянии переживают простейшие неблагоприятные условия? Что такое инцистирование?

Контрольная работа № 37

1. Какие типы движения клеток характерны для простейших (ресничное, жгутиковое, мышечное, амебоидное)?
2. На какие внешние раздражители реагируют простейшие (механические, химические, световые, звуковые)?
3. Какие свойства присущи простейшим как самостоятельным особям (питание, раздражимость, рост, размножение, выделение, дыхание)?
4. Чем отличается инфузория-туфелька от амебы (наличие ложноножек, рта, ресничек, хлоропластов, двух ядер)?
5. Какими свойствами живой клеточной мембраны обусловлено избирательное поступление веществ в клетку амебы (полная проницаемость, непроницаемость, полупроницаемость)?
6. Какие органеллы клетки выполняют пищеварительную функцию у простейших (лизосомы, аппарат Гольджи, рибосомы, пластиды)?

7. Где завершается процесс расщепления питательных веществ у инфузории-туфельки (аппарат Гольджи, рибосомы, лизосомы, митохондрии)?

8. Каковы функции митохондрий у простейших (синтез белка, синтез АТФ, расщепление пищи, дыхание)?

9. Какой способ размножения у амебы (половой, бесполый)? Какой вид деления клеток происходит при этом (митоз, мейоз, амитоз)?

10. Какова функция малого ядра у инфузории-туфельки (ведает процессами синтеза, процессами роста; несет наследственную информацию, участвует в половом процессе)?

11. Из чего образуется большое ядро у инфузории-туфельки (цитоплазма, малое ядро, зигота)?

12. В чем сущность полового процесса у инфузории-туфельки (размножение, обмен наследственной информацией, рост)?

13. Какие простейшие вызывают инфекционные заболевания человека (эвглена зеленая, инфузория-туфелька, дизентерийная амеба, малярийный плазмодий)?

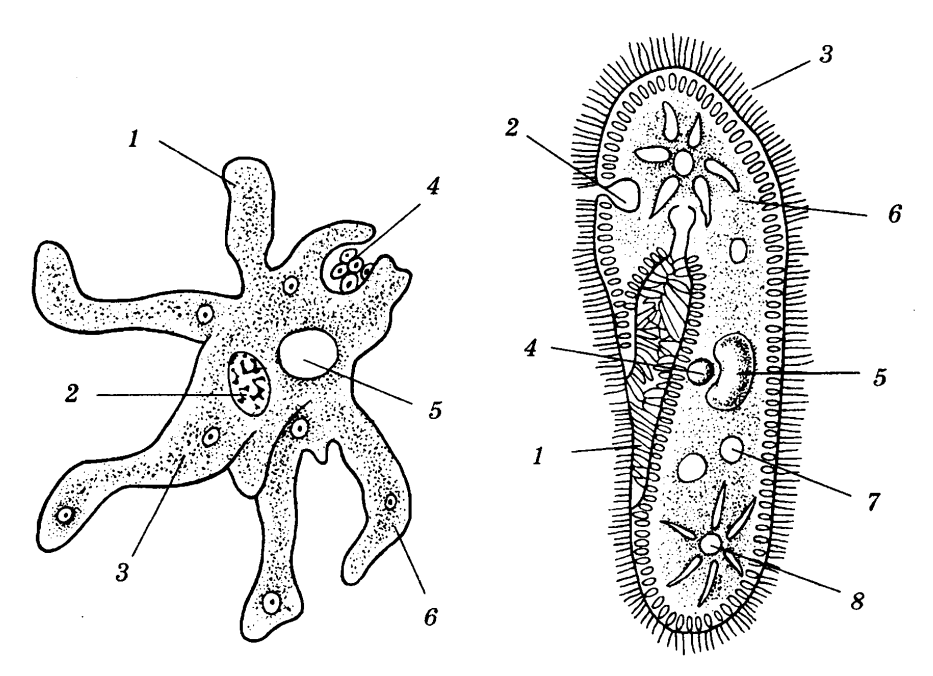


Рис. 67. Пресноводная амеба

Рис. 68. Инфузория-туфелька (*справа*)

Схема 46. Цикл развития малярийного плазмодия (тип споровики)



Таблица 82. Подцарство Простейшие

Признаки	Тип Корненожки (амеба обыкновенная)	Тип Жгутиковые (эвглена зеленая)	Тип Инфузории (инфузория-туфелька)
Строение тела	Одноклеточное микроскопическое животное, обитающее в воде. Перемещается с помощью временных выростов цитоплазмы — псевдоподий (ложных ножек); покрытая клеточной мембраной, цитоплазма имеет все органоиды, ядро, вакуоли	Одноклеточное микроскопическое животное, обитающее в воде. На переднем конце веретеновидного тела находятся один жгутик, светочувствительный глазок и сократительная вакуоль. Органеллы клетки такие же, как у амебы, кроме того, имеются органеллы, содержащие хлорофилл, — хроматофоры	Одноклеточное микроскопическое животное, обитающее в воде. Клеточная оболочка плотная, с рядами ресничек. Форма туфлевидная. Цитоплазма с органоидами, имеются большое (макронуклеус) и малое (микронуклеус) ядра, две сократительные вакуоли, пищеварительные вакуоли. На боковой стороне расположены околоротовая воронка и порошица
Питание	Бактерии, одноклеточные водоросли. Вследствие фагоцитоза образуется пищеварительная вакуоль. Растворенные вещества усваиваются, твердые частицы выбрасываются в любом месте клетки	На свету питание автотрофное (фотосинтез), как у растений. При длительном отсутствии света питание становится гетеротрофным, сапротрофным. Пищеварительная вакуоль не образуется	Питается бактериями, которые через околоротовую воронку подгоняются ресничками в рот, попадают в глотку, затем в цитоплазму, где образуется пищеварительная вакуоль. Через порошицу выводятся непереваренные частицы
Дыхание	Газообмен осуществляется через наружную клеточную мембрану. Дыхательным и энергетическим центром служат митохондрии	Как у амебы	Как у амебы

Выделение	Через всю поверхность клетки и через сократительную вакуоль	Как у амебы	Как у амебы
Реакция на раздражение	Положительный таксис на пищу, отрицательный — на соль, свет	Положительный таксис на пищу, свет, отрицательный — на соль	Как у амебы
Половой процесс	Отсутствует	Отсутствует	Половой процесс служит для обновления генетической информации: через цитоплазматический мостик две особи обмениваются мужскими ядрами
Размножение	Осуществляется вследствие деления клеток надвое путем митоза. Молекула ДНК удваивается в интерфазе	Осуществляется вследствие деления клеток путем митоза вдоль оси клетки. Молекула ДНК удваивается в интерфазе	Осуществляется вследствие митотического деления клетки надвое поперек оси клетки. Молекула ДНК удваивается в интерфазе
Значение	*Положительное*: компонент биоценоза в цепи питания, морские корненожки имеют известковую раковину — образуют осадочные горные породы — мел, известняк; по некоторым видам корненожек судят о присутствии нефти. *Отрицательное*: дизентерийная амеба вызывает инфекционное заболевание	*Положительное*: компонент биоценоза в цепи питания; имеет познавательное значение для изучения общих предков растений и животных. *Отрицательное*: вызывает цветение воды в водоемах; паразитические жгутиковые (лямблии и др.) поселяются в крови, кишечнике живот-	*Положительное*: компоненты биоценоза в цепи питания. *Отрицательное*: паразитическая инфузория балантидий вызывает заболевания животных и человека — колит кишечника

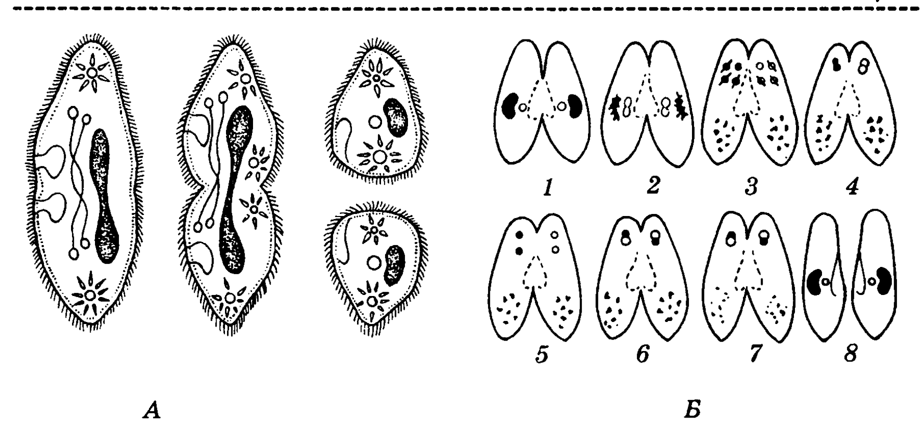


Рис. 69. Размножение инфузории-туфельки:
А — схема поперечного деления, *Б* — схема полового процесса конъюгации; *1* — две особи конъюгируют, *2* — малое ядро (микронуклеус) проходит фазу мейоз I, *3* — микронуклеус проходит фазу мейоз II, а макронуклеус распадается, *4* — по два гаплоидных ядра распадаются, а по два остаются, *5* — по одному ядру остаются в своей клетке (стационарные ядра), а вторые переходят в клетку партнера (мигрирующие ядра), *6* — ядра образуют пару — синкарион, *7* — синкарион сливается в одно ядро и тут же опять делится путем митоза, *8* — особи отходят друг от друга, одно ядро становится микронуклеусом, другое макронуклеусом

Экология простейших

Древнейшие, возникшие в начале протерозойской эры, одноклеточные животные. Обитают в воде, во влажной почве, в организме животных и человека. Простейшие могут плавать с помощью жгутика (эвглена зеленая, трипаносома, трихомонада, лямблия), с помощью ресничек (инфузория-туфелька), ползают по дну (корненожки, некоторые ресничные), прикрепляются к субстрату (сувойка, инфузория-трубач), образуют раковину из кремнезема (радиолярии), известковую раковину (фораминиферы, формирующие осадочные горные породы мел и известняк). Простейшие обитают в организме животных и человека, вызывая заболевания, часто инфекционные. Так, расстройство пищеварительной системы вызывают дизентерийная амеба, инфузория-балантидий, лямблия кишечная; малярию, связанную с нарушением деятельности эритроцитов крови, — малярийный плазмодий; сонную болезнь — трипаносома, кожные заболевания — лейшмания. Жгутиковые простейшие обитают в жидкой среде — плазме крови, спинномозговой жидкости, кишечнике, мочеполовой системе, являясь возбудителями тяжелых заболеваний. Простейшие (инфузории) живут также в рубце и сетке

жвачных животных. Там они поедают бактерий, растительные остатки, споры грибов. Роль таких простейших спорна, но часто их относят к симбиотическим организмам. Простейших насчитывается около 40 тыс. видов. Они находятся на пути биологического прогресса как за счет разнообразия освоенных ими сред обитания, так и за счет достаточно совершенного соответствия строения этих организмов условиям их обитания.

ТЕМА. Тип Кишечнополостные

Общая характеристика типа. Пресноводный полип — гидра. Среда обитания и внешнее строение. Лучевая симметрия. Внутреннее строение (двухслойность, разнообразие клеток). Питание. Дыхание. Нервная система. Рефлексы. Регенерация. Размножение вегетативное и половое. Морские кишечнополостные (полипы и медузы) и их значение.

Задание 32

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 38.
- Дать подписи к рисунку 70.
- Проанализировать конспект и схемы 47, 48.

Вопросы для самоконтроля

- По каким признакам выделен тип кишечнополостные?
- На какой стадии индивидуального развития особи живут кишечнополостные весь жизненный цикл?
- Сравните строение гаструлы (см. рис. 65) со строением тела гидры.
- Какую полость тела называют кишечной?
- Какие слои выделяют в теле гидры?
- Какие клетки дифференцируются в эктодерме, в энтодерме?
- Какая симметрия характерна для тела кишечнополостных и с чем это связано?
- Имеются ли у кишечнополостных системы органов?
- Как поступает пища и выбрасываются конечные продукты пищеварения у гидры?
- Как у гермафродитной гидры происходит оплодотворение?
- На какой стадии гидра переносит зиму?
- Чем различается передвижение гидры и медузы?
- Какие кишечнополостные образуют колонии и почему появилась такая форма жизни?

Контрольная работа № 38

1. На какой стадии развития зародыша проводят кишечнополостные всю жизнь (зигота, бластула, гаструла)?
2. Какой зародышевый листок выстилает кишечную полость (энтодерма, эктодерма, мезодерма)?
3. В каком слое тела гидры расположены нервные, стрекательные, кожно-мускульные клетки (эктодерма, энтодерма, мезоглея)?
4. К каким животным, обитающим в толще воды, относится гидра (зоопланктон, зообентос)?
5. Где окончательно расщепляется пища у гидры (кишечная полость, клетки энтодермы, митохондрии клеток)?
6. Какие способы размножения характерны для гидры (половое, бесполое, вегетативное)?
7. Как дышит гидра (легкие, жабры, вся поверхность тела)?
8. Где происходит кислородный этап диссимиляции у кишечнополостных (кишечная полость, пищеварительные вакуоли, митохондрии клеток)?
9. Через какие образования выбрасываются отходы пищеварения у гидры (порошица, поры, ротовое отверстие)?
10. Что называют регенерацией у животного (отделение новой особи, восстановление поврежденных частей тела)?
11. Чьи сперматозоиды оплодотворяют яйцеклетку у гермафродитной гидры (свои, чужие)?

Класс Гидроидные. Пресноводный полип Гидра

Строение тела. Двухслойные водные животные. Симметрия лучевая. Тело мешковидное, вытянутое в длину до 1,5 см. На переднем конце тела рот, окруженный щупальцами со стрекательными клетками. Задний конец — подошва, которой гидра прикрепляется к субстрату (камни, растения и т. д.)

Покров. Наружный слой тела — эктодерма, состоящая из стрекательных, кожно-мышечных, нервных клеток. Под эктодермой находится неклеточная мезоглея. Полость тела отсутствует.

Пищеварение в кишечной полости, начинающейся ротовым отверстием и замкнутой на заднем конце. Полость выстлана энтодермой, состоящей из кожно-мышечных, пищеварительных и железистых клеток. Пищеварение как полостное, так и внутриклеточное (пищеварительные вакуоли). Непереваренные остатки выбрасываются через рот.

Дыхание. Кислород, растворенный в воде, поглощается всей поверхностью тела.

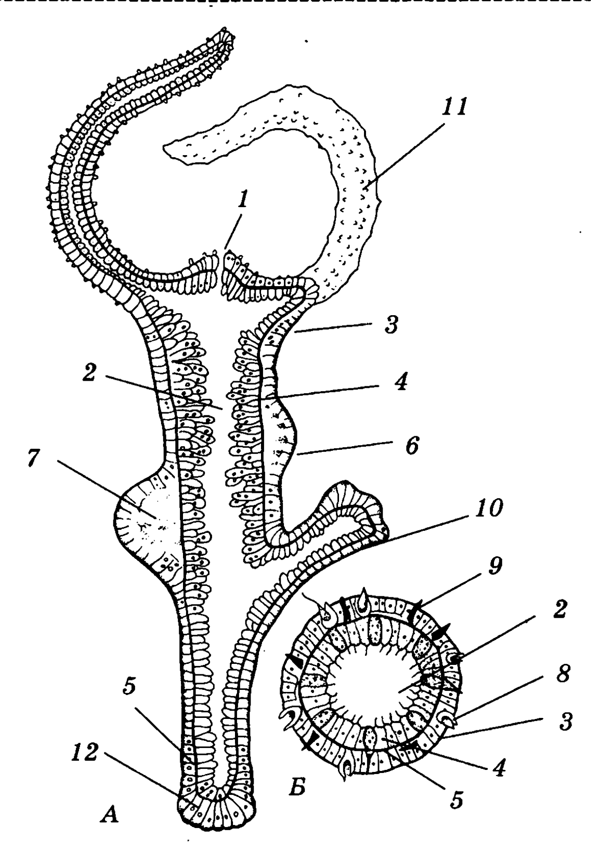


Рис. 70. Пресноводный полип гидра: *А* — продольный разрез, *Б* — поперечный срез

Выделение. Конечные продукты диссимиляции выводятся через эктодерму.

Нервная система. Диффузного типа.Имеет вид звездчатых нервных клеток, соединенных своими отростками. Активно реагирует на пищу и раздражения.

Органы чувств. Не развиты. Осязание всей поверхностью, особенно чувствительны щупальца (чувствительные волоски), выбрасывающие стрекательные нити, убивающие добычу.

Размножение. Преобладает бесполое — почкование. Животные обоеполые (гермафродиты), в эктодерме развиваются яйцеклетки и сперматозоиды. Оплодотворение перекрестное, осуществляется чужими сперматозоидами, плавающими в воде.

Развитие. Из зиготы образуется двухслойная личинка с зачатком кишечной полости — планула, которая передвигается в воде и зимует на дне водоема. Взрослые гидры осенью погибают.

Регенерация хорошо развита.

Схема 47. Цикл развития гидры (тип Кишечнополостные, класс Гидроидные)

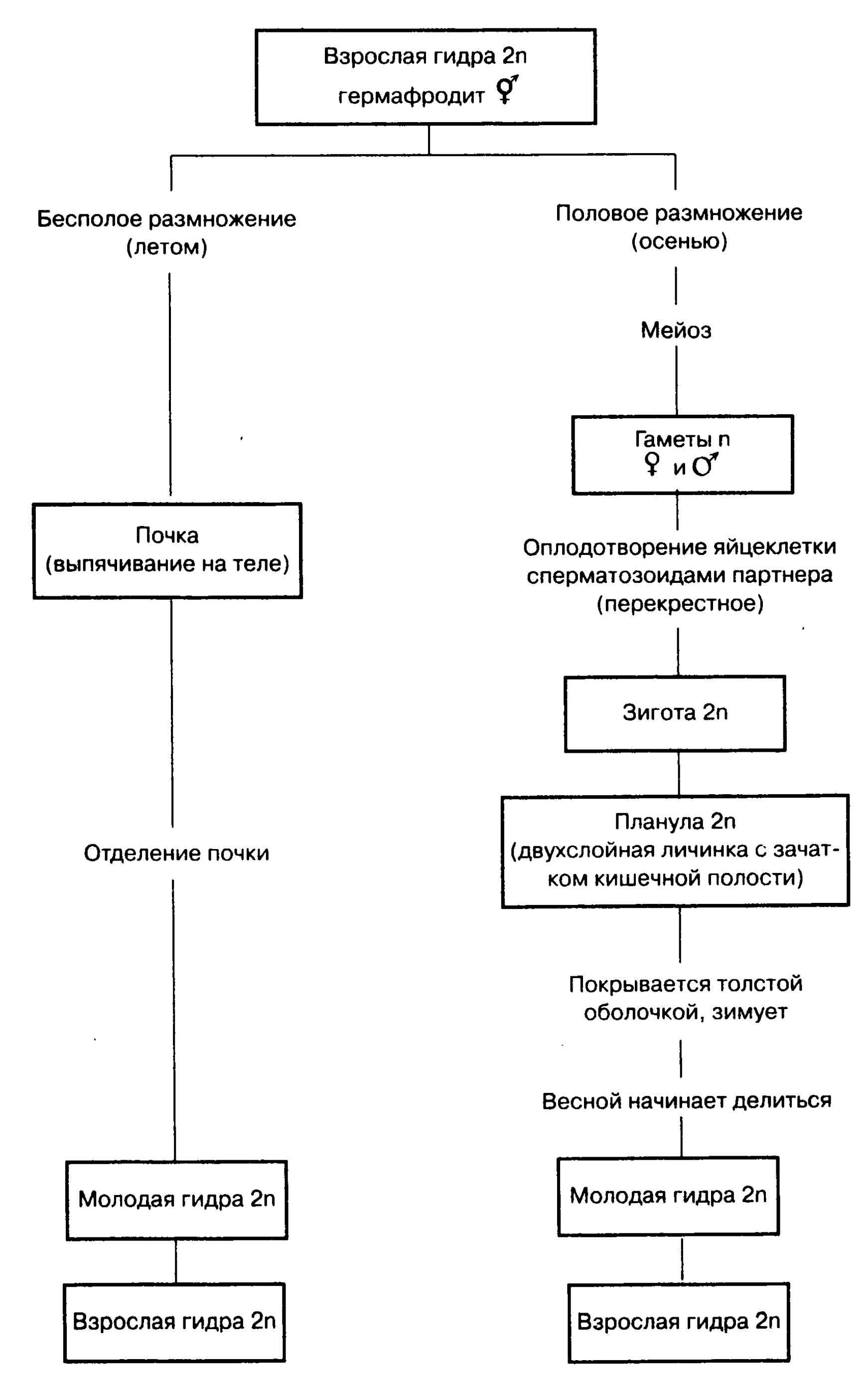
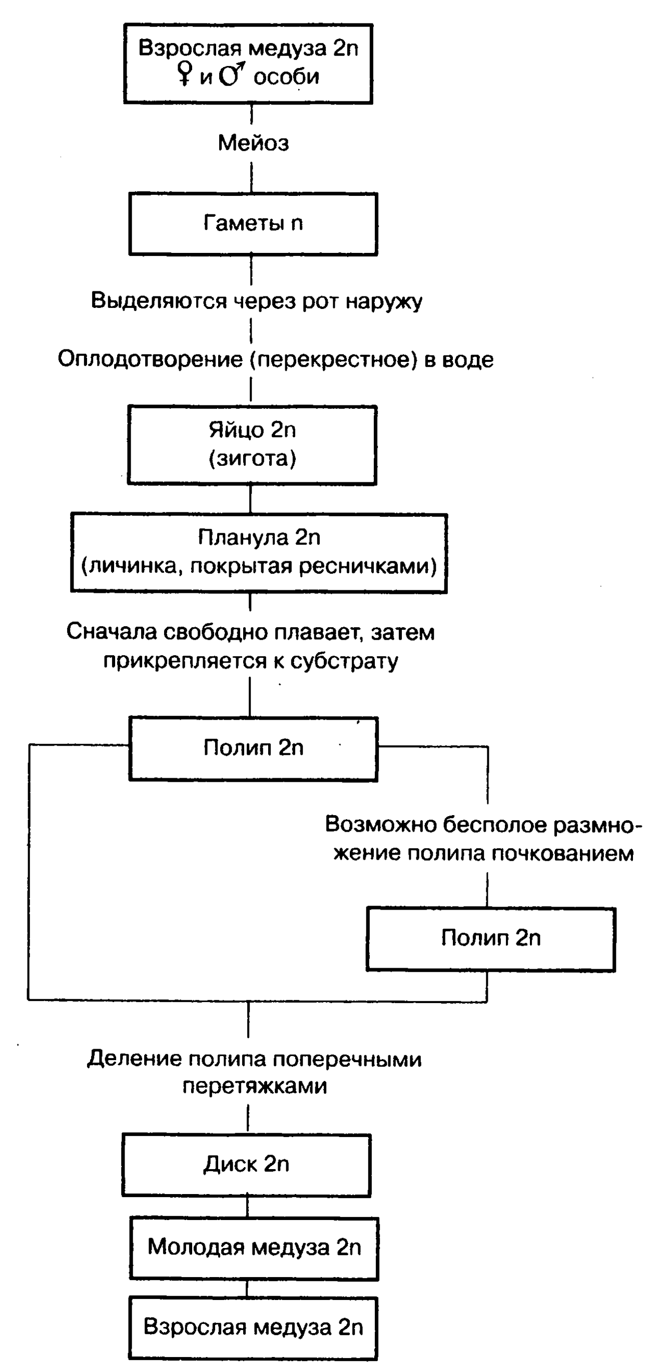


Схема 48. Цикл развития медузы
(тип Кишечнополостные, класс Сцифоидные)



Экология кишечнополостных

Первые после губок, настоящие двухслойные древние животные, имеющие радиальную симметрию, кишечную (гастральную) полость и ротовое отверстие. Обитают в воде. Встречаются сидячие формы (бентос) и плавающие (планктон), что особенно хорошо выражено у медуз. Хищники, питающиеся мелкими рачками, мальками рыб, водными насекомыми. Значительную роль в биологии южных морей играют коралловые полипы, образующие рифы и атоллы, которые служат убежищами и нерестилищами для рыб; в то же время они создают опасность для кораблей. Крупные медузы употребляются в пищу людьми, но они же наносят серьезные ожоги купающимся. Известняк рифов используют для украшений и как строительный материал. Однако, разрушая рифы, человек уменьшает рыбные богатства.

Наиболее известные рифы в южных морях — вдоль берегов Австралии Большой Барьерный риф, у Зондских островов, в Полинезии.

ТЕМА. Тип Плоские черви

Общая характеристика типа. Класс Ресничные черви. Белая планария — представитель свободноживущих червей. Внешнее строение. Двусторонняя симметрия. Мускулатура. Питание. Дыхание. Выделение. Нервная система. Размножение. Регенерация. Класс Ленточные черви. Бычий цепень. Паразитический образ жизни. Особенности внешнего и внутреннего строения. Цикл развития и смена хозяев. Меры по предупреждению заражения.

Задание 33

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 39.
- Проанализировать конспект, таблицу 83, схемы 49, 50.
- Изучить рисунки 71, 72.

Вопросы для самоконтроля

- По каким признакам выделен тип плоские черви?
- Чем отличается симметрия тела плоских червей от симметрии тела кишечнополостных?
- На какие классы делят тип плоские черви?
- Каких животных называют паразитическими?

- Кто считается окончательным и кто — промежуточным хозяином в цикле развития паразитических животных?
- Каковы признаки более высокой организации (ароморфоз) у планарий по сравнению с кишечнополостными?
- Какими клетками представлена мезодерма у плоских червей; почему их называют паренхиматозными червями?
- Каковы признаки дегенерации у паразитических червей?
- Какие признаки приспособления к паразитизму (идиоадаптации) характерны для бычьего цепня?
- Какова особенность дыхательного процесса у бычьего цепня?
- Какие отрицательные воздействия оказывает бычий цепень на организм человека?
- На каком этапе жизненного цикла целесообразнее проводить борьбу с бычьим цепнем?
- Каков цикл развития у печеночного сосальщика?
- Какую роль в жизни сосальщика играет улитка прудовик малый?
- Почему плоских червей называют гермафродитными животными?
- Как объяснить большую плодовитость паразитических червей?
- Какие существуют меры борьбы с паразитическими червями?

Контрольная работа № 39

1. Какая симметрия характерна для тела плоских червей (радиальная, двусторонняя)?
2. Из какого зародышевого листка плоских червей образуется паренхима (эктодерма, мезодерма, энтодерма)?
3. Какова роль паренхимы в теле плоских червей (защита, движение, запасание воды и питательных веществ)?
4. Какая полость тела имеется у плоских червей (первичная, вторичная, не выражена)?
5. Как выводятся из организма планарии конечные продукты пищеварения (поверхность тела, рот, анальное отверстие)?
6. Какие органы выделения имеются у бычьего цепня (выделительные трубочки, почка, кожа; органы выделения отсутствуют)?
7. Что служит источником заражения человека бычьим цепнем (яйца, финна, личинка)?
8. Что служит источником заражения животного бычьим цепнем (яйца, финна, личинка)?
9. Как объяснить отсутствие пищеварительных органов у паразитических ленточных червей (ароморфоз, дегенерация, идиоадаптация)?
10. Какой этап диссимиляции является конечным у паразитических червей (подготовительный, бескислородный, кислородный)?

11. Какие части тела имеются у финны (головка с четырьмя присосками, шея, членики тела)?

12. На какой стадии развития бычьего цепня образуются три пары крючков (финна, личинка, взрослый цепень)?

13. Какого типа нервная система у бычьего цепня (диффузная, нервная цепочка, нервные стволы, нервная трубка)?

Класс Ресничные черви. Белая планария

Строение тела. Свободноплавающие с помощью ресничек водные животные. Симметрия двусторонняя. Тело листовидное, уплощенное, длиной до 2 см. Имеется передний и задний концы тела, спинная и брюшная стороны. Тело трехслойное: эктодерма, мезодерма и энтодерма.

Покров. Ресничный эпителий, образованный эктодермой, к которому прикреплены мышцы — продольные, кольцевые и косые, вместе образующие кожно-мускульный мешок. Мышцы образуются из мезодермы.

Полость тела. Отсутствует. Пространство между энтодермой и эктодермой заполнено паренхимой. Паренхима служит прокладкой между всеми внутренними органами.

Пищеварительная система. Рот на брюшной стороне тела; глотка свободно выбрасывается наружу; кишка с тремя ответвлениями. Пищеварение внутриклеточное, частично в полости кишечника. Кишечник слепо замкнут. Непереваренные остатки пищи удаляются через рот. Хищное животное.

Дыхание. Кожное; поглощает кислород, растворенный в воде.

Выделительная система. Две выделительные трубочки с многочисленными ответвлениями заканчиваются выделительными порами. По ним движется полостная жидкость и выводятся конечные продукты жизнедеятельности. Элементарная единица выделительной системы протонефридии.

Нервная система. Головной нервный узел, от которого отходят два основных нервных ствола с многочисленными нервами.

Органы чувств. Два глаза на переднем конце тела, осязательные головные лопасти.

Размножение. Половое. Гермафродит. Имеются два яичника и 200–300 семенников. Оплодотворение внутреннее, перекрестное.

Развитие. Оплодотворенные яйца откладываются в плотной оболочке — коконе, где развиваются маленькие планарии. Через разрыв в стенке они выходят наружу.

Регенерация. Хорошо развита.

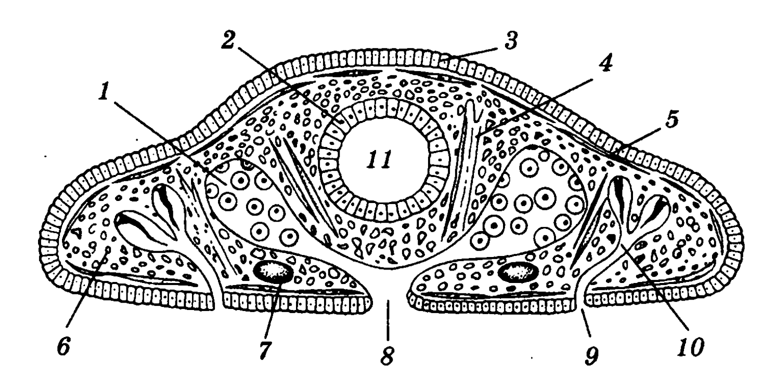


Рис. 71. Плоский червь на поперечном срезе:
1 — половые клетки, *2* — энтодерма, *3* — эктодерма, *4* — продольные и косые мышцы, *5* — кольцевые мышцы, *6* — паренхима, *7* — продольные нервные стволы, *8* — половое отверстие, *9* — выделительная пора, *10* — протонефридий, *11* — полость кишки

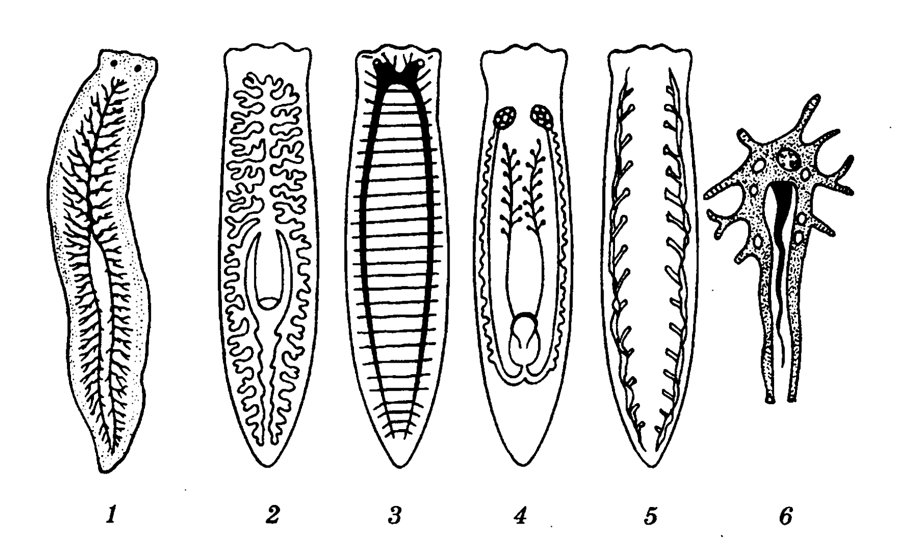


Рис. 72. Белая планария:
1 — внешний вид планарии (увеличена), *2* — пищеварительная система, *3* — нервная система, *4* — половая система, *5* — выделительная система, *6* — протонефридий с пламенной клеткой (в центре пучок ресничек)

Класс Ленточные черви. Бычий цепень

Строение тела. Тело трехслойное, лентовидной формы, членистое. Симметрия двусторонняя. Голова с четырьмя присосками, узкая шейка и членики тела (до нескольких тысяч). Длина червя 4–10 м. Цвет бело-желтый.

Покров. Кожа с кутикулой, к которым прицеплены продольные и кольцевые мышцы, вместе образующие кожно-мускульный мешок.

Полость тела. Отсутствует, она заполнена паренхимой.

Пищеварительная система. Отсутствует в связи с паразитизмом в кишечнике хозяина — человека или животного. Цепень всасывает переваренную пищу всей поверхностью тела.

Дыхательная система. Отсутствует, так как среда обитания — кишечник человека или животного, где нет кислорода. Конечный этап расщепления органических веществ бескислородный.

Выделительная система. Выделительные трубочки, соединяющиеся в два канала, открываются наружу на последнем членике. Через протонефридии выводятся жирные кислоты, мочевина, соли мочевой кислоты (ядовитые для человека).

Нервная система. Менее развита, чем у планарии. Головной нервный узел, от которого отходят два нервных ствола и нервы.

Органы чувств. Отдельные осязательные и хемочувствительные клетки.

Размножение. Половое. Гермафродит. В каждом членике семенники, яичники и матка, в которой развиваются оплодотворенные яйца. Оплодотворение или между члениками, или самооплодотворение. Оплодотворенные яйца выводятся наружу с последним члеником цепня.

Развитие: яйцо (на траве) — желудок животного — личинка — кишечник — кровь — мышцы — финна (в мясе) — желудок человека — кишечник — цепень (см. схему 49).

Таблица 83. Тип Плоские черви

Признаки	**Классы**			
	Ресничные черви (турбеллярии)	**Моногенетические сосальщики (моногенеи)**	**Дигенетические сосальщики (трематоды)**	**Ленточные черви (цестоды)**
Образ жизни и среда обитания	Свободноживущие в водной среде	Паразиты животных	Паразиты животных и человека	Паразиты животных и человека
Число хозяев	Нет	Один	Два	Два
Число присосок и их расположение	Присасывательная борозда на головной части	Две или много на головной и хвостовой частях	Две на головной и брюшной частях	Четыре на головной части

Окончание табл. 83

Признаки	**Классы**			
	Ресничные черви (турбеллярии)	**Моногенетические сосальщики (моногенеи)**	**Дигенетические сосальщики (трематоды)**	**Ленточные черви (цестоды)**
Наличие крючочков на присосках	Нет	Имеются	Нет	Имеются или нет
Представители	Планария белая, планария черная	Лягушачья двуустка, лягушачья многоустка	Печеночный сосальщик, легочный сосальщик, кошачья двуустка, кровяная двуустка	Бычий цепень (невооруженный), свиной цепень (вооруженный), широкий лентец, эхинококк

Класс Дигенетические сосальщики. Печеночный сосальщик

Строение тела. Тело трехслойное, листовидное, нечленистое длиной до 5 см. Симметрия двусторонняя. Имеет две присоски — ротовую и брюшную.

Покров. Кожно-мускульный мешок: кожа с кутикулой и три слоя мышц (диагональные, поперечные и продольные).

Полость тела. Заполнена паренхимой.

Пищеварительная система. Ротовое отверстие с присоской, переходящей в мускулистую глотку, пищевод, раздвоенная сильно ветвящаяся, слепо замкнутая средняя кишка (два параллельных сильно ветвящихся боковых канала, которые доходят до краев тела и слепо замкнуты).

Дыхательная система. Отсутствует. Осуществляется анаэробное окисление в тканях паразита.

Выделительная система. Протонефридии, впадающие в один собирательный канал, открывающийся наружу выделительной порой.

Нервная система. Менее развита,чем у планарии. Окологлоточное нервное кольцо, от которого отходят три пары нервных стволов, связанных между собой нервами.

Органы чувств. Имеет осязательные нервные окончания и органы химического чувства.

Размножение. Циста (на траве) — желудок животного (окончательного хозяина) — печень — взрослая особь — яйца — личинка с ресничками — малый прудовик (промежуточный хозяин) — свободноплавающая хвостатая личинка — циста (см. схему 50).

Схема 49. Цикл развития бычьего цепня
(Тип Плоские черви, класс Ленточные черви)

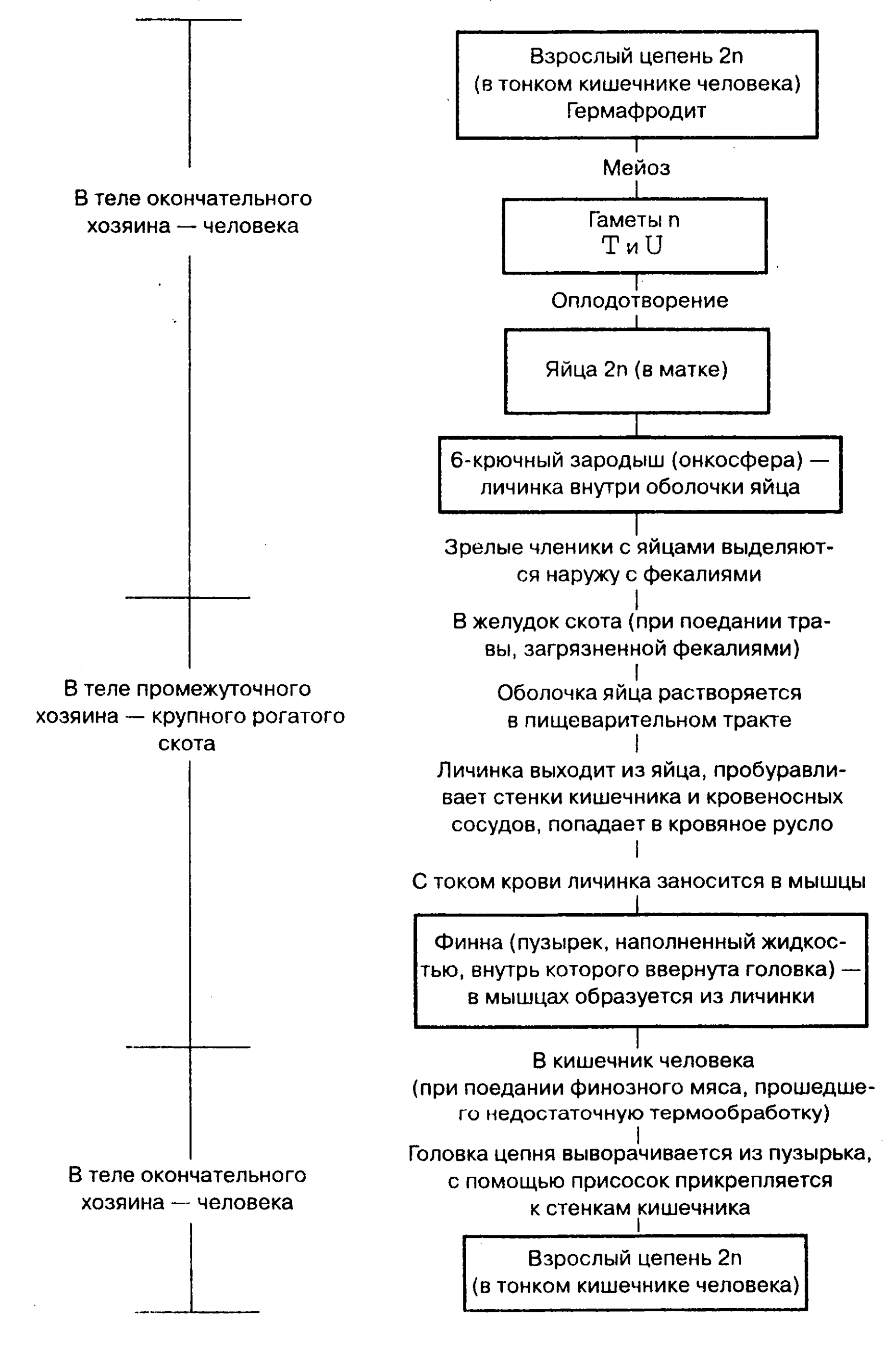
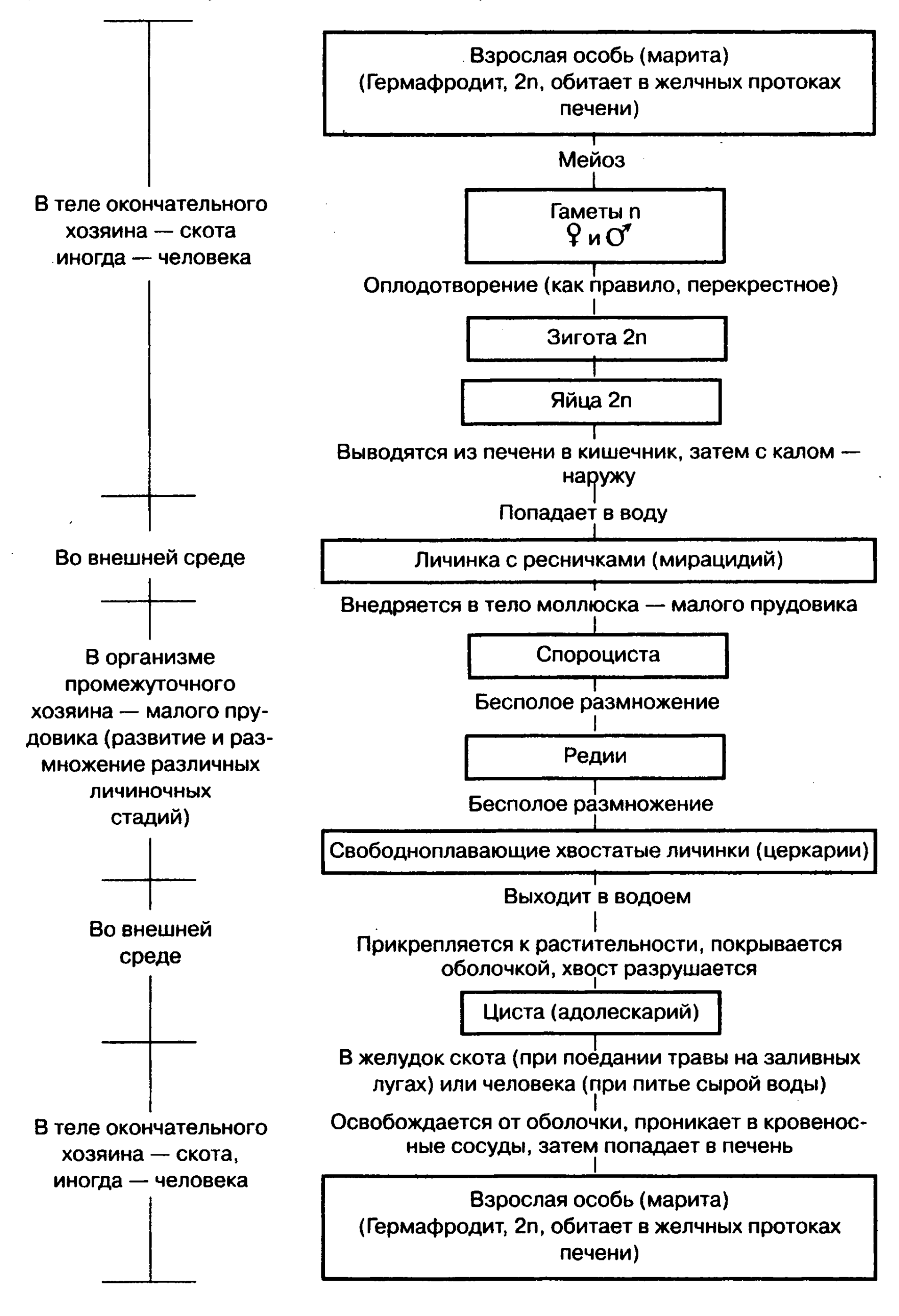


Схема 50. Цикл развития печеночного сосальщика (тип Плоские черви, класс Сосальщики)



Экология плоских червей

Первые трехслойные с двусторонней симметрией древние животные. Обитают в воде. Хищники, питающиеся простейшими, кишечнополостными, или паразитирующие животные. Паразитические формы произошли позднее, для них характерна дегенерация некоторых органов — пищеварения, чувств и др. Они обитают в теле двух хозяев — различных животных, животного и человека, а также на теле рыб. Вызывают тяжелые заболевания, отравление, истощение, поражение кровеносной системы. Для этих червей характерны различные приспособления (идиоадаптации) к паразитизму — наличие присосок, крючков, большая плодовитость. Наука о паразитических червях — гельминтология, разработана академиком К. И. Скрябиным. Предметом изучения этой области науки являются такие черви, как печеночный сосальщик, бычий и свиной цепни, широкий лентец и другие.

ТЕМА. Тип Круглые черви

Общая характеристика типа. Человеческая аскарида. Внешнее строение. Полость тела. Питание. Размножение и развитие. Вред аскариды. Меры предупреждения заражения. Острица. Многообразие паразитических червей и борьба с ними.

Задание 34

- Повторить имеющийся по теме материал. Изучить схему на рисунке 73.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 40.
- Дать подписи к рисункам 74, 75.
- Проанализировать конспект, таблицу 84, схему 51.

Вопросы для самоконтроля

- Какое биологическое значение имеет подразделение тела червей на головной и хвостовой концы?
- Что образуется из мезодермы у круглых червей?
- Почему паразитические черви не расщепляются пищеварительными соками хозяина?
- Чем заполнена полость тела у круглых червей?
- Какие системы органов ограничивают первичную полость тела (протоцель) у аскариды?
- Какие признаки более высокой организации характерны для круглых червей по сравнению с плоскими червями?
- Что такое пищеварительная трубка и у каких животных она впервые появляется?

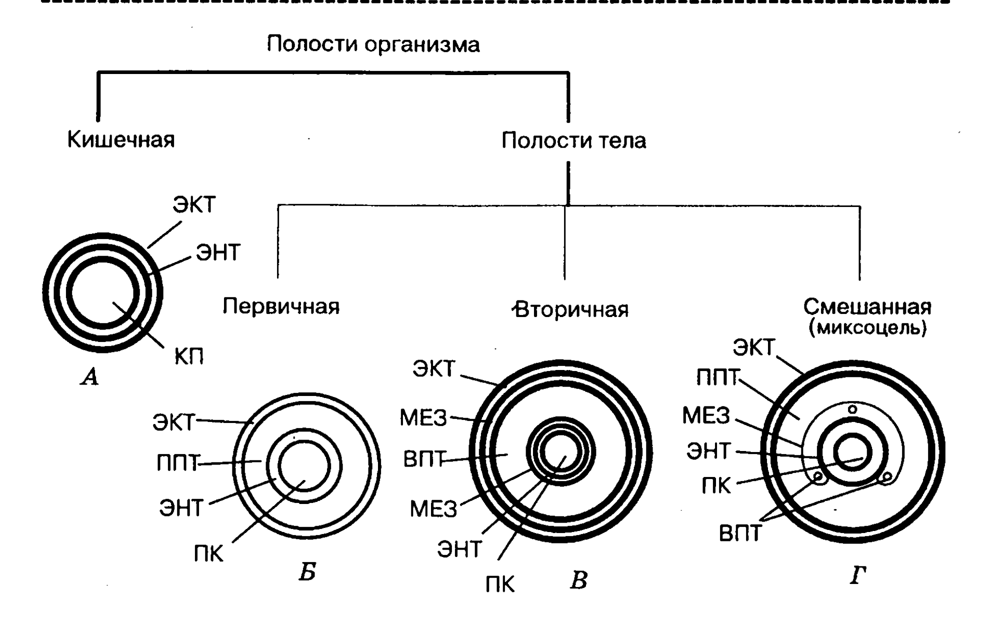


Рис. 73. Полости организма (схема):
ППТ — первичная полость тела (бластоцель, схизоцель), ВПТ — вторичная полость тела (целом), ЭКТ — эктодерма (внешний зародышевый листок), ЭНТ — энтодерма (внутренний зародышевый листок), МЕЗ — мезодерма (средний зародышевый листок), КП — кишечная полость (гастроцель), ПК — полость кишечника (кишечная трубка); *А* — кишечнополостные, *Б* — круглые черви, *В* — кольчатые черви, моллюски, иглокожие, хордовые, *Г* — членистоногие

- Чем отличается кишечная полость (гастральная) от первичной полости тела?
- На какой стадии развития аскарида нуждается в кислороде?
- Каковы меры борьбы с паразитическими круглыми червями?
- Какие вредители сельскохозяйственных растений являются представителями типа круглых червей?

Контрольная работа № 40

1. Что образуется из мезодермы у круглых червей (паренхима, продольные мышцы, кожа, кольцевые мышцы)?
2. Какая полость тела находится между мышцами и пищеварительной трубкой (кишечная, первичная, вторичная)?
3. Какую роль играет кожно-мускульный мешок (поглощение пищи, выделение продуктов метаболизма, внешний скелет)?
4. Какое дыхание характерно для взрослой аскариды (кислородное, бескислородное)?

5. Через какое отверстие у круглых червей выводятся конечные продукты пищеварения (порошица, рот, анус)?
6. Какие органы аскариды выделяют вредные для человека вещества и продукты метаболизма (кожа, почки, выделительные каналы, протонефридии?)
7. Какого типа нервная система у аскариды (трубка, нервная цепочка, диффузная, нервные стволы)?
8. Какие половые органы продуцируют яйцеклетки (семенники, яичники)?
9. Каким путем питательные вещества попадают из кишки в клетки тела (кровь, полостная жидкость, прямой контакт)?

Таблица 84. Элементы выделительной системы червей

Признак	Протонефридии	Метанефридии
Строение	Сильно разветвленные канальцы, со стороны полости тела слепо заканчивающиеся концевыми (терминальными) клетками. Эти клетки могут иметь пучок ресничек («пламенные» клетки) либо один или несколько жгутиков (соленоциты). Канальцы впадают в главный канал, открывающийся во внешнюю среду	Воронка, переходящая в длинный извитой канал, в стенках которого разветвляются кровеносные сосуды. Открываются наружу выделительной порой
Функции	Выделение и осморегуляция	Выделение
Происхождение	Эктодермальное	Эктодермальное или мезодермальное
Сообщение с полостью тела	Не сообщается	Одним концом всегда открывается во вторичную полость тела
Расположение в теле	Проходят через все тело	Метамерно (по два в каждом сегменте тела)
Откуда извлекают продукты диссимиляции	Из полостной жидкости или из паренхимы	Из целомической жидкости и из оплетающих кровеносных сосудов
Реабсорбция органических веществ и солей	Не происходит	Происходит в канале

Окончание табл. 84

Признак	Протонефридии	Метанефридии
Каким группам беспозвоночных свойственны	Большинству плоских и круглых червей, личинкам кольчатых червей и моллюсков	Главным образом кольчатым червям, ланцетникам

Класс Круглые черви. Человеческая аскарида

Строение тела. Вытянутое, червеобразное, нечленистое, круглое в поперечном сечении; трехслойное. На переднем конце тела рот с тремя губами. Длина 20–40 см. Цвет беловато-желтый.

Покров. Кожа, покрытая кутикулой, под ней — неклеточная гиподерма. К коже прикреплены продольные мышцы. Кожно-мускульный мешок.

Полость тела. Первичная, заполненная жидкостью, что придает телу упругость. Жидкость омывает все клетки и служит для переноса веществ и газов. В ней находятся органы пищеварения и размножения.

Пищеварительная система. Представлена пищеварительной трубкой с тремя отделами — передним, начинающимся ртом, средним (кишка), задним, оканчивающимся заднепроходным (анальным) отверстием. Пищеварение в полости кишечника.

Дыхательная система. Отсутствует, так как среда обитания — кишечник человека или животного. Поэтому конечный этап расщепления органических веществ бескислородный.

Выделительная система. Два выделительных канала протонефридиального типа, в которых очищается полостная жидкость. Открываются на головном конце тела.

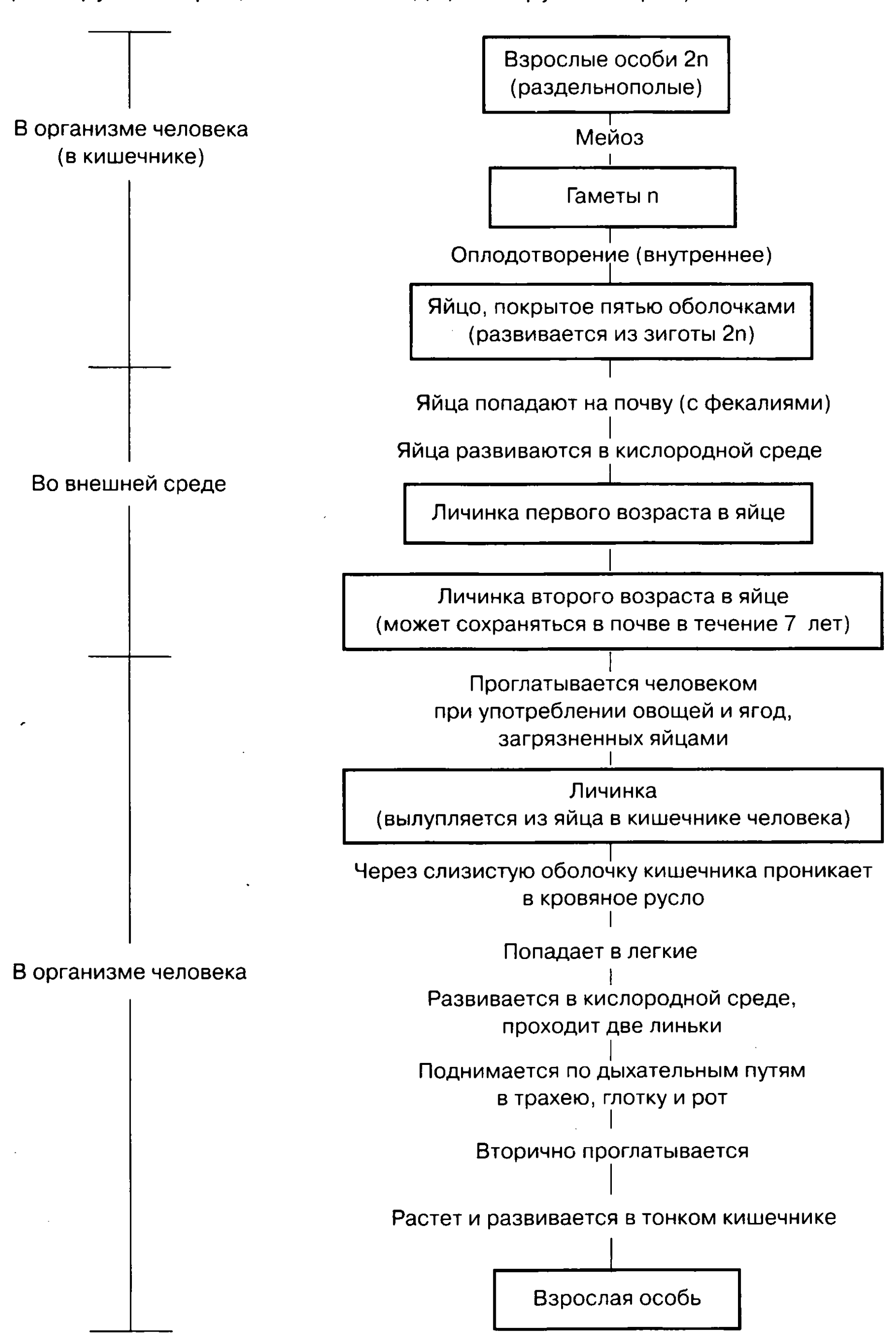
Нервная система. Лестничного стволового типа. Окологлоточное нервное кольцо, образованное надглоточным и подглоточным нервными узлами, от которых отходят спинной и брюшной нервные стволы, соединенные нервами (комиссурами).

Органы чувств. Осязательные бугорки и ямки.

Размножение. Половое. Раздельнополые животные. У самок два длинных тонких яичника и две матки. У самцов один нитевидный семенник. Оплодотворение внутреннее. Размножаются яйцами.

Развитие. Яйцо с личинкой (по почве) — кишечник человека — личинка — кровь — легкие — рот — кишечник — взрослая аскарида. Живет и размножается в кишечнике человека, отравляя его организм ядовитыми выделениями.

Схема 51. Цикл развития человеческой аскариды
(Тип Круглые черви, класс Нематоды, или Круглые черви)



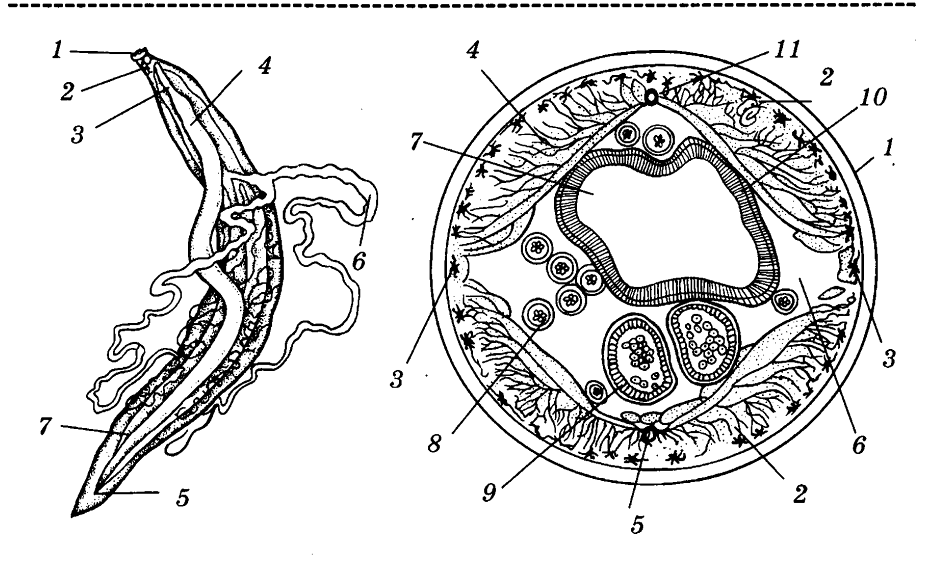


Рис. 74. Самка аскариды — продольный разрез

Рис. 75. Самка аскариды — поперечный срез (*справа*)

Экология круглых червей

Трехслойные нечленистые животные, имеющие первичную полость тела, заполненную жидкостью. Активно передвигаются. Обитают в воде, на почве, во мху. Свободноживущие организмы (коловратки) питаются бактериями, простейшими, водорослями, сами же служат пищей для мальков и взрослых рыб, рачков. Паразитические формы (аскариды, острицы, власоглавы, скребни) живут в организме человека, млекопитающих животных, птиц, рыб, насекомых, ракообразных, которые являются основными или промежуточными хозяевами, вызывая тяжелые болезни, даже массовую гибель. Нематоды паразитируют также в теле растений и грибов, вызывая болезни и снижая урожай. Сельскохозяйственные растения поражаются почвенными нематодами, которые, внедряясь в корни, вызывают их отмирание, образование галлов (вздутий) на стеблях, листьях, клубнях, растрескивание донца у луковичных культур. Поражению нематодами подвержены злаки, овощные культуры, картофель, земляника.

ТЕМА. Тип Кольчатые черви

Общая характеристика типа. Класс Малощетинковые. Дождевые черви. Среда обитания. Внешнее строение. Ткани. Кожно-мускульный мешок. Полость тела. Системы органов пищеварения, кровообращения, выделения. Процессы жизнедеятельности. Нервная система. Регенерация. Размножение. Значение дождевых червей в почвообразовании.

Задание 35

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 41.
- Дать подписи к рисунку 76.
- Проанализировать конспекты.

Вопросы для самоконтроля

- Каково происхождение вторичной полости тела?
- Какие ткани образуются из мезодермы у кольчатых червей?
- Из чего состоит кожно-мускульный мешок у дождевого червя?
- Как разносится кислород по телу кольчатых червей?
- Какого цвета кровь у дождевого червя и почему?
- Какие функции выполняет кровь?
- Что такое замкнутая кровеносная система?
- Каково строение кровеносной системы и как по ней циркулирует кровь у дождевого червя?
- Какое строение тела называют метамерным — членистым?
- Какие структуры повторяются в каждом членике дождевого червя?
- С чем связана высокая способность к регенерации у дождевого червя?
- Каково строение пищеварительной трубки у кольчатых червей?
- Как происходит процесс дыхания у малощетинковых и у многощетинковых червей?
- Где расположены половые органы у червя?
- Как происходит процесс обмена семенной жидкостью у дождевых червей?
- Как осуществляется оплодотворение у гермафродитного червя?
- Какие признаки более высокой организации имеются у кольчатых червей по сравнению с плоскими и круглыми червями?
- Какого типа нервная система развита у дождевого червя и есть ли у него органы чувств?
- В каких органах выделения очищается кровь у кольчатых червей?
- Какова роль кольчатых червей в почвообразовательном процессе?
- Какие особенности многощетинковых червей являются признаками более высокой их организации?

Контрольная работа № 41

1. Какой тканью выстлана вторичная полость тела (мышечная, эпителий)?

2. В каком зародышевом листке закладывается вторичная полость тела (эктодерма, энтодерма, мезодерма)?

3. Какие органы повторяются в каждом членике тела (мышцы, кровеносные сосуды, выделительные трубочки, нервный узел, кишечник)?

4. Где находится анальное отверстие у дождевого червя (голова, середина тела, хвостовой членик)?

5. Чем заполнена вторичная полость тела (воздух, паренхима, жидкость)?

6. Какую роль выполняет жидкость вторичной полости тела (обеспечивает упругость тела, переносит питательные вещества из кровеносной системы в клетки тела, выводит вредные вещества, накапливает продукты жизнедеятельности)?

7. Какие структуры служат для выведения продуктов обмена из полостной жидкости у червя (почки, метанефридии — трубочки с воронками, поры)?

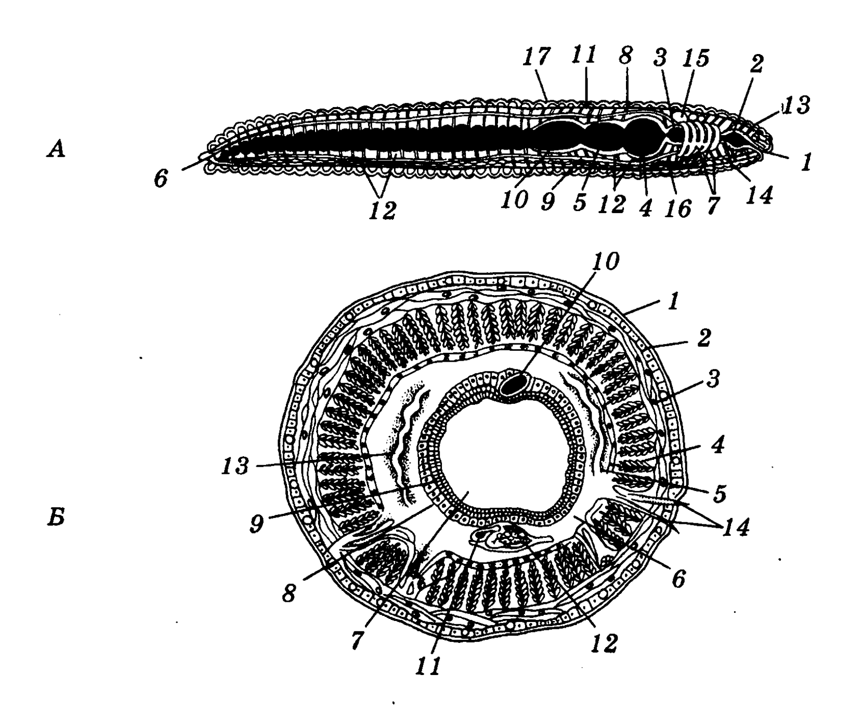


Рис. 76. Дождевой червь: *А* — продольный разрез, *Б* — поперечный срез

8. Где начинается брюшная нервная цепочка у дождевого червя (надглоточный нервный узел, подглоточный нервный узел, окологлоточное нервное кольцо)?

9. Как происходит обмен газов между кровью и клетками тела (прямой контакт, тканевая жидкость)?

10. Где расходуется кислород, приносимый кровью в ткани червя (полостная жидкость, митохондрии клеток, выделение наружу)?

11. Чьи сперматозоиды оплодотворяют яйцеклетки у гермафродитного дождевого червя (свои, партнера)?

Класс Малощетинковые. Дождевой червь

Строение тела. Вытянутое, червеобразное, членистое, в поперечном сечении круглое. Симметрия двусторонняя, различается спинная и брюшная стороны, передний и задний концы тела. Трехслойные животные. Длина тела 15–30 см.

Покров. Кожа, покрытая кутикулой, в каждом членике восемь щетинок, служащих для передвижения. В коже много слизистых и ядовитых желез. К ней прикреплены кольцевые, продольные, спинные и брюшные мышцы. Кожно-мускульный мешок прочнее, чем у других червей.

Полость тела. Вторичная, образованная мезодермой. Она выстлана эпителием мезодермального происхождения — имеет собственные стенки. Эпителий прилегает с внутренней стороны к кожно-мускульному мешку, с внешней — покрывает кишечник. Полость тела заполнена жидкостью, что придает телу упругость. Полостная жидкость осуществляет связь кровеносной системы с клетками тела.

Пищеварительная система. Представлена несколькими отделами: рот, глотка, пищевод, зоб, мускулистый желудок, средняя кишка, задняя кишка, анальное отверстие. Кишечник окружен сетью кровеносных капилляров, что обеспечивает всасывание в кровь питательных веществ.

Дыхательная система. Отсутствует. Поглощает кислород воздуха всей поверхностью кожи.

Кровеносная система. Замкнутого типа. Представлена спинным и брюшным сосудами, идущими вдоль тела, и кольцевыми сосудами в каждом членике. Наиболее крупные сосуды «сердца» проталкивают кровь. Кровь содержит пигмент, находящийся в плазме, — гемоглобин, она красноватая. Циркулирует кровь только в кровеносных сосудах, она разносит питательные вещества, кислород и диоксид углерода, которые передаются к клеткам тела через капилляры и полостную жидкость.

Выделительная система. Представляет собой парные трубочки — метанефридии в каждом членике тела. На конце каждой трубочки имеется воронка, через которую из крови и полостной жидкости выводятся наружу конечные продукты жизнедеятельности. Заканчивается трубочка порой в соседнем членике.

Нервная система. Узлового типа: состоит из окологлоточного нервного кольца и брюшной нервной цепочки, имеющей узел в каждом членике тела.

Органы чувств. Осязательные и светочувствительные клетки по всей коже.

Размножение. Половое. Гермафродит. Яичники и семенники в разных члениках. Оплодотворение перекрестное, внутреннее. Яйца откладываются в кокон, который образуется на теле в виде пояска и сходит с головного конца.

Развитие. Прямое: из яйца образуется червь.

Регенерация. Хорошо выражена.

Класс Пиявки. Медицинская пиявка

Строение тела. Немного сплющено в спинно-брюшном направлении. Сегментация нечеткая, щетинки отсутствуют. На головном конце тела имеется треугольная передняя присоска, на хвостовом — задняя (округлая). Длина тела — 7–18 см, масса 2,5 г.

Покров. Кожно-мускульный мешок, состоящий из эпителия и мускулатуры. Эпителий богат железами, образующими слизь для смачивания поверхности тела. Специальные клетки вырабатывают пигмент буровато-оливкового цвета. На спине проходят шесть красно-желтых полосок, испещренных черными точками. Брюшная сторона пестрая.

Полость тела. Пиявки — вторичнополостные животные, однако их полость тела редуцирована до состояния лакун и щелей между органами. Редукция целома связана с особенностями питания — наполнением кровью и раздуванием всего кожно-мускульного мешка.

Пищеварительная система. В передней присоске находится рот с тремя острыми челюстями, имеющими до 60 зубчиков, которыми пиявка прокусывает кожу. Далее следует пищевод, переходящий в складчатый зоб в виде мешочков для всосанной крови (занимающий до $^2/_3$ длины тела червя). Зоб переходит в короткий желудок, где и происходит пищеварение. Затем идет тонкая кишка, где пища и переваривается, и всасывается. Прямая кишка короткая, открывается наружу анальным отверстием над задней присоской (со спинной стороны). На губах находятся

железы, вырабатывающие секрет, содержащий герудин — вещество, препятствующее свертыванию крови хозяина и усиливающее вытекание ее из ранок. Пиявки могут обходиться без пищи в течение многих месяцев, но могут также и очень часто принимать кровь. Вес пиявки, насосавшейся крови, утраивается.

Дыхательная система отсутствует. Дыхание кожное.

Кровеносная система редуцирована в связи с особенностями питания. Собственно кровеносные сосуды исчезают, а вместо них образуются тонкостенные синусы*, выполняющие функции пульсирующих кровеносных сосудов. Эти синусы располагаются по бокам тела, над кишечником и под ним. Кровь — бесцветная или красная (окрашена гемоглобином).

Выделительная система представлена 17 парами метанефридиев, открывающихся одним концом в боковые отверстия брюшного синуса, а другим концом (нефропорой) — наружу в соседнем членике. Но в отличие от метанефридиев дождевого червя они не представляют единой трубки, а прерываются, поэтому в продолжение метанефридия вещества попадают путем осмоса.

Нервная система. Сходна с нервной системой других кольчатых червей. Представлена окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой.

Органы чувств. Органы зрения — пигментные бокалы (шесть спереди и четыре сзади). В коже расположены осязательные рецепторы и хеморецепторы, имеются статоцисты (органы равновесия).

Размножение. Гермафродиты, оплодотворение перекрестное. Но в отличие от дождевого червя у пиявок имеется мужской копулятивный орган, поэтому при половом процессе оба партнера вводят сперматозоиды во влагалища друг другу.

Развитие. После оплодотворения из матки выходит кокон с яйцами (15–30 штук). Пиявки зарывают кокон в прибрежных ямках, и через 40 суток из яиц вылупляются личинки, которые в водной среде кокона проходят развитие с метаморфозом. Сформировавшиеся молодые пиявки выползают через отверстие в коконе. Развиваются черви очень медленно и живут в природе до 18 лет. В медицине применяют пиявок начиная с трех-четырехлетнего возраста.

Регенерация. Способность к регенерации практически утрачена в связи с высокой специализацией.

---

* *Синус* (лат. *sinus* — изгиб, складка) в анатомии — пазуха, углубление, расширение, длинный замкнутый канал.

Экология кольчатых червей

Это высшая группа червей, имеющих вторичную полость тела, состоящего из повторяющихся члеников. Свободноживущие в воде (немертины, пиявки) и в почве (дождевой червь) животные. Водные формы питаются водорослями, мелкими животными. Пиявки присасываются к коже животных и человека, питаясь кровью. Встречаются паразиты моллюсков, морских звезд, крабов. Почвенный обитатель — дождевой червь — играет огромную роль в почвообразовательном процессе, обогащая почву перегноем, измельчает ее, перемешивает и рыхлит, что создает благоприятные условия для жизни растений. Это очень полезные животные. Кольчатые черви служат пищей для многих позвоночных — рыб, земноводных, птиц, млекопитающих. В Красную книгу внесено 11 видов различных червей.

ТЕМА. Тип Моллюски

Общая характеристика типа. *Класс Брюхоногие*. Большой прудовик. Среда обитания и внешнее строение. Особенности процессов жизнедеятельности. Морские и наземные брюхоногие, их значение. *Класс Двустворчатые*. Беззубка. Образ жизни и внешнее строение. Особенности процессов жизнедеятельности. Морские двустворчатые. Значение двустворчатых моллюсков.

Задание 36

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 42.
- Дать подписи к рисункам 77, 78.
- Проанализировать конспект.

Вопросы для самоконтроля

- Какие признаки отличают тип моллюсков от других типов животных?
- На какой стадии развития моллюска заметно его сходство с кольчатым червем?
- На какие классы подразделяют тип моллюсков?
- Какие признаки характерны для класса брюхоногих?
- Чем отличаются двустворчатые моллюски от брюхоногих?
- Какие особенности характерны для класса головоногих?
- Из каких веществ и слоев состоит раковина моллюсков?

- Что такое мантия и мантийная полость у моллюсков?
- Как устроено сердце у представителей разных классов моллюсков?
- Как движется кровь у животного с незамкнутой кровеносной системой?
- Какую роль играют сифоны у двустворчатых моллюсков?
- Какой орган дыхания появляется у моллюсков впервые?
- Какая пищеварительная железа появляется у моллюсков впервые?
- Что служит у моллюсков органом выделения?
- Чем отличается нервная система беззубки от нервной системы прудовика?
- Каковы признаки более высокой организации брюхоногих моллюсков?
- Как размножается беззубка?
- У каких моллюсков из класса брюхоногих и двустворчатых редуцируется раковина?
- Какие моллюски имеют промысловое значение?
- Какой представитель типа моллюсков является промежуточным хозяином паразитических червей?
- Какие моллюски являются вредителями грибов, сельскохозяйственных растений?
- Какова роль моллюсков в биологической очистке водоемов?

Контрольная работа № 42

1. В чем сходство личиночной стадии моллюсков с личиночной стадией кольчатых червей (сегментация тела, система кровообращения, органы дыхания)?
2. Какую роль играет раковина (связь с внешней средой, поглощение воздуха, прикрепление мышц, наружный скелет, защита)?
3. У каких моллюсков имеется голова с глазами и «рожками» (головоногие, брюхоногие, двустворчатые)?
4. Какие новообразования находятся в пищеварительном тракте прудовика (рот, язык с зубчиками, глотка, пищевод, желудок, печень, кишка, анус)?
5. Какой характер имеет кровеносная система моллюсков (замкнутая, незамкнутая)?
6. Где очищается кровь от отработанных продуктов обмена (желудок, печень, почка, сердце)?
7. Где происходит газообмен у беззубки (легкие, жабры, клетки тела)?
8. Где осуществляется газообмен у прудовика (легкие, жабры, клетки тела)?
9. У каких моллюсков в большей степени развита нервная система и органы чувств (головоногие, брюхоногие, двустворчатые)?
10. Личинки каких моллюсков паразитируют на рыбах (головоногие, брюхоногие, двустворчатые)?

11. Представители каких классов моллюсков имеют промысловое значение (головоногие, брюхоногие, двустворчатые)?

12. Представители каких классов моллюсков наносят ущерб растениям (головоногие, брюхоногие, двустворчатые)?

Класс Брюхоногие. Большой прудовик

Строение тела. Асимметричное животное. Тело подразделяется на голову, туловище, ногу. Верхняя часть туловища закручена в виде спирали. На голове — щупальца, ротовое отверстие, глаза. Нога мускулистая, перемещается с участием слизи, выделяющейся на подошве.

Покров. Мантия (кожная складка) и раковина, закрученная спиралью. Между ними находится мантийная полость, через которую осуществляется связь с внешней средой.

Пищеварительная система. Включает рот (язык с хитиновыми зубцами), глотку, слюнные железы, пищевод, желудок, кишечник, печень (проток которой открывается в желудок), анальное отверстие, расположенное над головой. Растительноядное животное.

Дыхательная система. Легкое, образованное мантией и пронизанное сетью кровеносных капилляров. Атмосферный воздух поступает через дыхательное отверстие. В течение часа 7–9 раз поднимается на поверхность воды для дыхания. Поглощает кислород и выделяет углекислый газ.

Кровеносная система. Незамкнутая. Представлена кровеносными сосудами и двухкамерным сердцем, состоящим из предсердия и желудочка и окруженным перикардом (околосердечной сумкой). Артериальная кровь поступает из легких в предсердие, затем в желудочек, а из него движется по аорте и сосудам ко всем органам тела, где свободно изливается между клетками. Отдав кислород и насытившись углекислым газом, венозная кровь собирается в кровеносные сосуды и попадает в легкое, где снова происходит газообмен. Обогащенная кислородом кровь по сосудам возвращается к сердцу.

Выделительная система. Одна почка метанефридиального типа с мочеточником, выходящим рядом с анальным отверстием. Почка непосредственно связана с кровеносной системой, поглощая из крови конечные продукты диссимиляции.

Нервная система. Узлового типа: окологлоточное нервное кольцо, образованное двумя узлами, четыре пары узлов с отходящими от них нервами в туловище: висцеральные ганглии (внутренние органы), в ноге — педальные, в мантии — плевральные, в органах дыхания — париетальные.

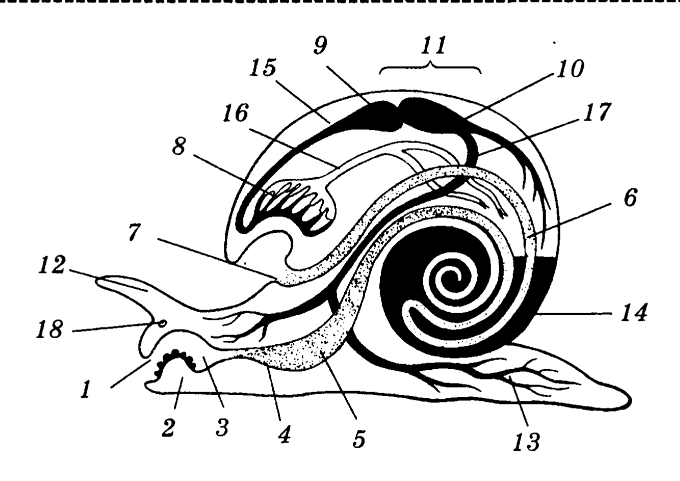


Рис. 77. Улитка прудовик большой

Органы чувств. Глаза (под щупальцами), щупальца и края мантии (органы осязания), орган равновесия — статоцист в ноге.

Размножение. Половое. Гермафродит. Оплодотворение перекрестное, внутреннее. Откладывают яйца, связанные в студенистые шнуры, где проходит личиночная стадия.

Развитие. Из яиц на 20-й день развиваются улитки.

Класс Двустворчатые. Беззубка

Строение тела. Состоит из туловища и ноги.

Покров. Тело покрыто мантией, поверх которой находится двустворчатая раковина. Створки соединены мышцами-замыкателями и связкой-размыкателем. Раковина трехслойная: роговой, фарфоровый и перламутровый слои. В задней части раковины между двумя складками мантии находятся вводной и выводной сифоны.

Пищеварительная система. Начинается вводным сифоном, куда поступает вода с пищей, далее идут ротовые лопасти, рот, пищевод, желудок, кишечник, заднепроходное отверстие под задним замыкательным мускулом. Пищеварительная железа — печень; ее проток открывается в желудок.

Дыхательная система. Жабры, образованные мантией, расположены по обе стороны ноги. Окутаны густой сетью капилляров. Поглощает кислород, растворенный в воде, и выделяет углекислый газ в воду. Одновременно происходит захват отфильтрованной пищи.

Кровеносная система. Незамкнутая. Сердце трехкамерное, состоит из двух предсердий и желудочка. В предсердия из жабр поступает артериальная кровь, затем она выталкивается по артериям из желудочка и направляется на все органы, где свободно изливается. Собираясь в сосуды, венозная кровь поступает к жабрам, где происходит газообмен. Артериальная кровь по сосудам направляется в предсердия. Кровь, собираясь в мешковидном синусе ноги, способствует ее удлинению.

Выделительная система. Две почки и мочеточники.

Нервная система. Узлового типа: три пары нервных узлов и нервы. Окологлоточное нервное кольцо, ножные нервные узлы (педальные), слившиеся висцеральные и париетальные узлы, лежащие над задней кишкой.

Органы чувств. В связи с отсутствием головы имеются только осязательные клетки в ноге и по краям мантии. Статоцисты в ноге.

Размножение. Раздельнополые животные. Оплодотворение внутреннее. Яйца образуются в яичниках и откладываются в мантийную полость, куда с водой через вводной сифон поступают сперматозоиды и где происходит оплодотворение.

Развитие. Из яиц образуются личинки-глохидии, которые выталкиваются через выводной сифон на проплывающую мимо рыбу. На теле рыбы личинки-глохидии развиваются до двух месяцев, после чего падают на дно.

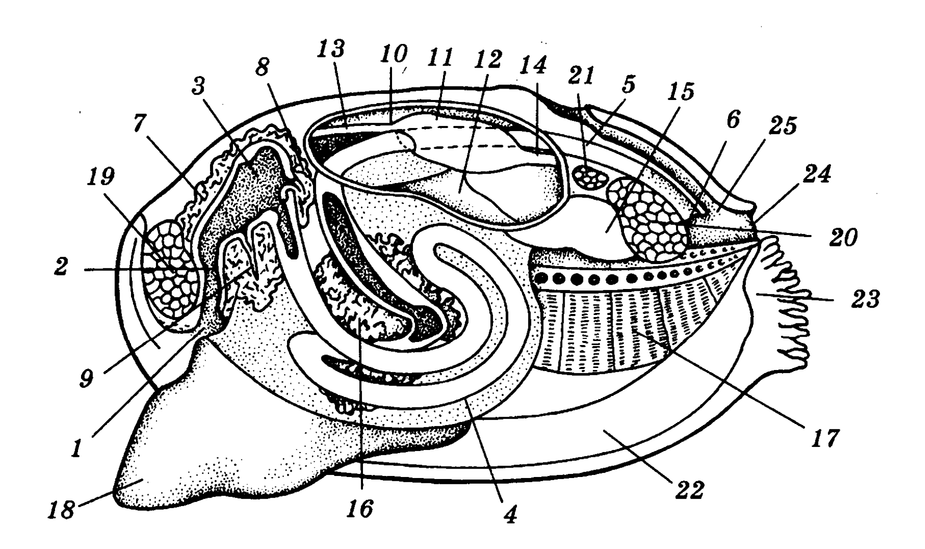


Рис. 78. Внутреннее строение беззубки

Экология моллюсков

Очень древние, ведущие начало с протерозоя беспозвоночные животные, имеющие вторичную полость тела, сложно устроенные внутренние органы. Известковая раковина с роговым покрытием хорошо или слабо защищает мягкое тело. Обитают в воде и на суше. Служат пищей для многих животных. Сами питаются водными и наземными растениями, простейшими, рачками, грибами. На стадии личинки паразитируют на теле рыб. Являются промежуточными хозяевами паразитических червей. Наносят ущерб садам, огородам, виноградникам голые слизни, виноградная улитка. Моллюски играют большую роль в биологической очистке воды, постоянно фильтруя ее для получения пищи. На морских плантациях для пищевых целей разводят двустворчатых моллюсков (устриц, мидий, морских гребешков).

В Красную книгу внесено 19 видов представителей этого типа животных.

ТЕМА. Тип Членистоногие

Общая характеристика типа.

Класс Ракообразные. **Речной рак. Среда обитания. Внешнее строение. Размножение. Внутреннее строение. Пищеварительная, кровеносная и дыхательная системы. Органы выделения. Питание, дыхание, выделение. Особенности процессов жизнедеятельности. Нервная система и органы чувств.**

Класс Паукообразные. **Паук-крестовик. Среда обитания. Внешнее строение. Ловчая сеть, ее устройство и значение. Питание, дыхание, размножение.**

Класс Насекомые. **Майский жук. Внешнее и внутреннее строение. Процесс жизнедеятельности. Размножение. Типы развития. Отряды насекомых с полным превращением. Чешуекрылые. Капустная белянка. Тутовый шелкопряд. Шелководство. Двукрылые. Комнатная муха, оводы. Перепончатокрылые. Медоносная пчела и муравьи. Инстинкт. Наездники. Биологический способ борьбы с вредителями. Отряд насекомых с неполным превращением. Прямокрылые. Перелетная саранча — опасный вредитель сельского хозяйства. Роль насекомых в природе, их практическое значение. Сохранение их видового многообразия.**

Общие указания. Тип членистоногих самый многочисленный, насчитывающий около 1 млн видов. Являясь вершиной эволюции беспозвоночных животных, членистоногие прошли длительный путь развития: первые из них обитали в морях кемб-

рийского периода (трилобиты, скорпионы). На сушу они вышли в силурийском периоде. Первыми наземными животными, которые смогли дышать атмосферным воздухом, были паукообразные. Дальнейшая эволюция наземных членистоногих заключалась в совершенствовании наружного скелета и органов движения. Самый молодой класс членистоногих — класс насекомых, развитие которых тесно связано с развитием покрытосеменных растений.

Наиболее вероятными предками членистоногих были древние кольчатые черви: членистое строение характерно для личинок и взрослых особей всех классов типа. В отличие от кольчатых червей полость тела у них смешанная, так как еще в зародыше сливаются первичная и вторичная полости. Кровеносная система незамкнутая, в первичной полости тела течет гемолимфа, которая выполняет функции крови, а также играет большую роль в работе двигательных мышц (поперечнополосатая мышечная ткань), особенно конечностей, активизируя их сокращение. Три класса членистоногих — ракообразные, паукообразные и насекомые, которые будут рассматриваться отдельно в разных заданиях, относятся соответственно к трем разным подтипам: Жабродышащие, Хелицеровые и Трахейнодышащие.

Задание 37. Ракообразные

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 43.
- Дать подписи к рисункам 79, 80.
- Проанализировать конспект и таблицу 85.

Вопросы для самоконтроля

- Из каких частей состоит тело рака?
- Сколько пар ходильных ног у рака?
- Какие функции выполняют различные конечности рака?
- В каком направлении рак движется на суше, в воде?
- Как происходит линька у рака?
- Из каких веществ состоит панцирь рака?
- Обладает ли рак способностью к регенерации?
- Имеется ли у ракообразных кожно-мускульный мешок?
- Чем питаются раки?
- Как устроена пищеварительная система у раков?
- Чем характеризуется система кровообращения и дыхания у рака?
- Где расположена и какую функцию выполняет зеленая железа?
- Какого типа нервная система у рака?

- Как устроены глаза рака?
- Где расположен и как функционирует орган равновесия у рака?
- Где вынашивается новорожденное потомство рака?
- Почему циклопов и дафний относят к низшим ракообразным?
- Какую роль в биоценозе водоемов играют ракообразные?
- Какие промысловые ракообразные вам известны?

Контрольная работа № 43

1. Какие животные являются предками членистоногих (моллюски, круглые черви, кольчатые черви)?
2. Какая полость тела характерна для членистоногих (первичная, вторичная, смешанная)?
3. Чем покрыто тело членистоногих (кожа, кутикула, раковина, хитин)?
4. Какие части тела имеются у рака (голова, грудь, головогрудь, брюшко, хвост, конечности)?
5. Сколько пар ходильных ног у рака (3, 4, 5, 6)?
6. Какова форма сердца у рака (трубочка, кольцо, пятиугольный мешочек, двухкамерное)?
7. В какой части тела расположены протоки выделительной системы (хвост, брюшко, голова)?
8. Какие органы чувств имеются у рака (органы зрения, слуха, равновесия, обоняния, осязания)?
9. Каким способом размножаются раки (почкование, откладка яиц, выметывание икры, живорождение)?
10. Где развивается потомство рака (внутри организма матери, на травинках, на теле рыбы, на брюшных ножках матери)?

Класс Ракообразные. Речной рак

Строение тела. Головогрудь, покрытая хитиновым панцирем, членистое брюшко, заканчивающееся хвостовым плавником. На голове две пары усов (короткие и длинные), рот окружен видоизмененными конечностями: одна пара образует верхние челюсти, две пары — нижние челюсти, три пары — ногочелюсти. Все они служат для удержания, ощупывания и измельчения пищи. На груди пять пар членистых ходильных ног, из них первая пара несет клешни, с помощью которых рак нападает и защищается. Брюшко состоит из шести члеников, которые несут пять пар двуветвистых ножек, а шестая пара образует хвостовой плавник. Всего у рака 19 пар ног. Тело состоит из 20 члеников (сегментов).

Покров. Хитиновый, прочный, легкий, выполняющий роль наружного скелета, к которому внутри прикрепляются пучки

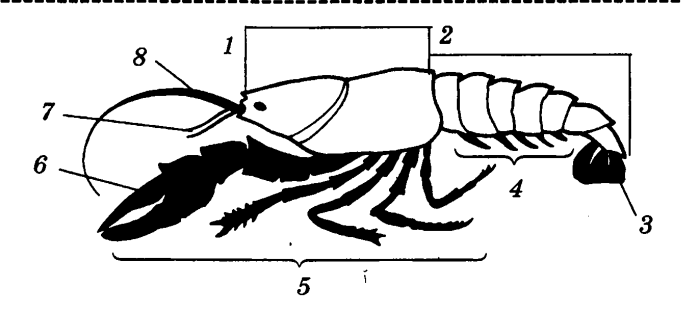


Рис. 79. Речной рак

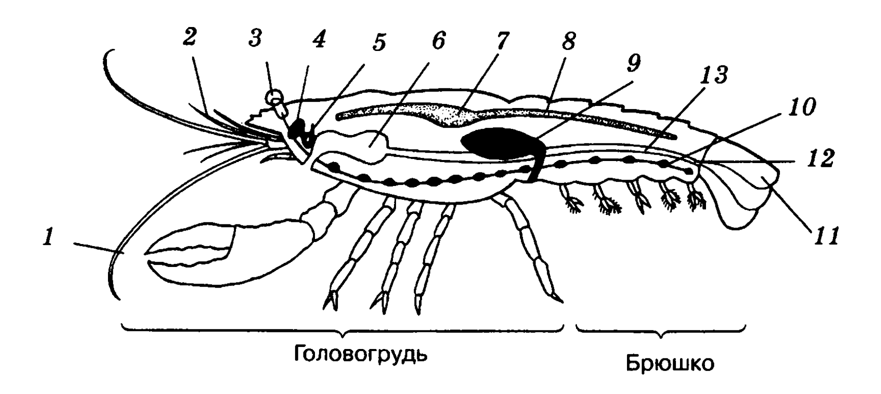


Рис. 80. Внутреннее строение речного рака

мышц. Впервые появляется поперечнополосатая мышечная ткань.

Полость тела. Смешанная, образующаяся еще в зародыше при слиянии первичной и вторичной полостей. Заполнена кровью — гемолимфой.

Пищеварительная система. Передний отдел — рот с грызущим ротовым аппаратом, глотка, пищевод, зоб, желудок жевательный и цедильный. Средний отдел — средняя кишка и печень, состоящая из двух долей. Задний отдел — кишка, анальное отверстие на последнем членике брюшка.

Дыхательная система. Жабры, расположенные под хитиновым покровом по бокам головогруди; окутаны сетью кровеносных капилляров. Газообмен происходит в жабрах и в клетках тела.

Кровеносная система. Не замкнута; представлена сердцем в виде пятиугольного мешочка, расположенного на спинной стороне

головогруди, и кровеносными сосудами. Один непарный сосуд направляется к глазам, два боковых — к антеннам, одна аорта идет назад, две — к двум долям печени; нисходящая артерия делится на грудную и заднюю брюшную. Кровь бесцветная.

Выделительная система. Пара зеленых желез метанефридиального типа, расположенных в головной части тела, и мочевой пузырь, открывающийся наружу при основании длинных усов. Через него из организма удаляются конечные продукты жизнедеятельности.

Нервная система. Узлового типа. Представлена окологлоточным нервным кольцом, нервными узлами, образующими брюшную нервную цепочку (пятью парами в грудном отделе и шестью парами в брюшном) и нервами.

Органы чувств. Орган зрения — пара сложных глаз на подвижных стебельках, органы обоняния — короткие усы, органы осязания — длинные усы. Органы равновесия — в виде двух ямок с песчинками, расположенные при основании коротких усов.

Размножение. Половое. Раздельнополые. У самок парные яичники, яйцеводы которых открываются у третьей пары ходильных ног. Семенник самцов открывается у пятой пары ходильных ног. При копуляции самец выпускает мешковидный сперматофор со сперматозоидами, который прикрепляется к хитиновому покрову самки. В образующуюся слизь самка откладывает 150–200 яиц, которые оплодотворяются вне организма. Самка откладывает яйца зимой, прикрепляет их к брюшным ножкам и вынашивает рачат до лета.

Развитие. Из яиц выводятся рачата, которые в первое лето растут очень быстро и линяют 10 раз; во второе лето — 5 раз. После пяти лет раки практически не растут. Живут 15–20 лет.

Таблица 85. Подкласс Низшие раки

Признак	Отряд Ветвистоусые	Отряд Веслоногие
Представители	Дафния (водяная блоха)	Циклоп
Среда обитания	Пресноводные водоемы	Водоемы пресноводные; засоленные; содержащие сероводород; имеющие кислую реакцию
Размер тела	1–3 мм	1–8 мм

Продолжение табл. 85

Признак	Отряд Ветвистоусые	Отряд Веслоногие
Части тела	Голова, членистые грудь и брюшко. Голова вытянута вниз, образуя «клюв» (рострум)	Голова, слившаяся с первым грудным сегментом, членистые грудь и брюшко. Голова вытянута в «клюв» (рострум)
Покров тела	Полупрозрачная хитиновая двустворчатая раковина	Хитиновый, полупрозрачный
Антенны	Два передних маленьких палочковидных усика — осязательные. Два задних ветвистых непропорционально больших уса служат для передвижения скачками	Два очень длинных передних неветвистых уса, покрытых щетинками, и два задних коротких двуветвистых. Служат для осязания; передние, кроме того, служат для движения
Глаза	Один фасеточный глаз и один простой глазок	Один простой глазок
Ноги (грудные)	Пять пар	Четыре пары развитых ног. Пятая пара у самцов преобразована в органы для удержания самки при половом процессе; у самок отсутствует
Сердце	Мешковидное, делает 150–500 ударов в минуту	Нет
Кровь и кровеносные сосуды	В сосудах темно-красная (содержащая гемоглобин) или светлая (без гемоглобина) кровь	Кровеносных сосудов нет. Органы омывает бесцветная гемолимфа, движению которой способствует пульсация кишечника
Дыхание	Передние грудные ножки имеют жаберные листочки и выполняют роль жабр. Они загоняют воду в фильтрационную камеру, где задерживается пища	Всей поверхностью тела

Окончание табл. 85

Признак	Отряд Ветвистоусые	Отряд Веслоногие
Питание	Питается планктоном, также нападает на мелких животных, обитающих в воде. Пищеварительная система представлена кишечной трубкой, не дифференцированной на отделы	Питается водорослями, червями, рачками, коловратками. Ротовые органы грызущие. Переваривание пищи — в пульсирующем кишечнике, не дифференцированном на отделы. (За счет пульсации кишечника осуществляется также движение гемолимфы.)
Нервная система	Головной «мозг», брюшные тяжи, образующие «лестницу», узлов нет	Головной «мозг», брюшные тяжи, образующие «лестницу», узлов нет
Размножение и развитие	У самок — яйцевой мешок и выводковая камера, в которой осенью происходит внутреннее оплодотворение 2–3 яиц. Яйца защищены толстой оболочкой и способны переносить морозы и засуху. Распространяются ветром с илом высохших водоемов. Развитие прямое — из яйца выводится рачок. В течение всего лета размножение партеногенетическое из неоплодотворенных яиц	У самок два яйцевых мешка, в которых вынашиваются оплодотворенные яйца. Из яйца выводится личинка — науплиус. Оплодотворение внешневнутреннее, так как самец прикрепляет сперматофор вблизи полового отверстия на первом брюшном членике самки. Засуху и мороз переносят в виде цисты
Роль в цепях питания	Хищники. Пища для рыб, разводится специально на рыборазводных заводах	Хищники, паразиты рыб, промежуточный хозяин широкого лентеца. Пища для рыб, беззубых китов

Экология ракообразных

Древние водные животные, имеющие сложное расчленение тела, покрытого хитиновым панцирем, за исключением обитающих на суше мокриц. У них имеется до 19 пар членистых ног, выполняющих различные функции: захват и измельчение пи-

щи, передвижение, защита, спаривание, вынашивание молоди. Питаются эти животные червями, моллюсками, низшими ракообразными, рыбами, растениями, а раки едят и мертвую добычу — трупы рыб, лягушек и других животных, выполняя роль санитаров водоемов, тем более что предпочитают очень чистую пресную воду. Низшие ракообразные — дафнии и циклопы, представители зоопланктона — служат пищей для рыб, их мальков, беззубых китов. Многие ракообразные (крабы, креветки, лангусты, омары) — промысловые или специально разводимые животные. В Красную книгу внесены 2 вида ракообразных.

Задание 38. Паукообразные

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 44.
- Дать подписи к рисункам 81, 82.
- Проанализировать конспект.

Вопросы для самоконтроля

- Чем отличаются паукообразные от ракообразных по строению тела?
- Где обитают паукообразные?
- Когда появились на Земле пауки?
- В чем особенность образа жизни паука-крестовика?
- Какие приспособления имеются в организме паука для ловли добычи?
- Какую роль играет ядовитый сок паука?
- Что такое внеорганизменное пищеварение?
- Какую роль в природе играют пауки?
- Какую форму имеет сердце паука и где оно расположено?
- Как движется кровь по телу паука?
- Чем представлены органы дыхания у паука?
- Что называют «мозгом» у паука?
- Сколько и какие глаза имеет паук?
- Сколько лет живут самки и самцы паука-крестовика?
- Где выводятся паучата?
- Чем отличаются клещи от пауков?
- Каково значение клещей в природе?
- Что вызывает энцефалит у человека?
- Кто является возбудителем чесотки?
- Какие меры предосторожности необходимы для защиты от поражения клещом?
- Что нужно предпринять в случае проникновения клеща под кожу?
- В чем проявляется вред паразитических клещей для сельскохозяйственных растений, запасов зерна, пчел, домашней птицы и других животных?
- Какие ядовитые паукообразные обитают в пустынной зоне?

Контрольная работа № 44

1. На какие части расчленено тело у паука (голова, грудь, головогрудь, брюшко, хвост, конечности)?
2. Сколько пар ходильных ног у паука (2, 3, 4, 5, 6)?
3. Где находятся ядовитый коготок у паука (нога, хвост, ногочелюсти, паутинная бородавка)?
4. Как называется желудок паука (жевательный, сосательный, цедильный)?
5. Какого цвета кровь у паука (красная, бесцветная)?
6. Какого типа кровеносная система у паука (замкнутая, незамкнутая)?
7. Какую функцию выполняет гемолимфа у паука (разносит кислород, питательные вещества, выводит диоксид углерода, продукты распада, усиливает упругость мышц)?
8. Что служит органом дыхания у паука (жабры, легкие, трахеи, кожа)?
9. Сколько пар глаз у паука-крестовика (1, 2, 3, 4)?
10. Какие признаки строения клещей свидетельствуют об их идиоадаптации в связи с паразитизмом (утрата членистого строения тела, колюще-сосущий ротовой аппарат, ветвистый кишечник, мелкие размеры тела, высокая плодовитость, сложная система трахей)?

Класс Паукообразные. Паук-крестовик

Строение тела. Состоит из небольшой головогруди и крупного яйцевидного нечленистого брюшка. На голове находятся когтевидные челюсти (хелицеры) с ядовитыми железами и органы осязания — ногощупальцы (педипальпы); на груди — четыре пары ходильных ног. На конце брюшка с нижней стороны расположены три пары паутинных бородавок (видоизмененных ног), которые выделяют вещество паутинных нитей. С помощью гребенчатых коготков на задних ногах паук строит ловчую сеть. Сначала он строит раму и радиальные нити, затем — спиральную и в конце — клейкую спиральную сеть.

Покров. Легкий, хитиновый.

Полость тела. Смешанная.

Пищеварительная система. Подразделяется на переднюю кишку (рот, глотка, пищевод), среднюю кишку (сосательный желудок), заднюю кишку и анальное отверстие. Имеется печень; ее проток впадает в среднюю кишку. Предварительное пищеварение внеорганизменное, так как яд (из ядовитых желез, располо-

женных на головогруди) не только парализует жертву, но и является пищеварительным соком: переваривание убитой жертвы происходит вне организма паука, на паутине. Паук всасывает жидкую пищу и усваивает ее.

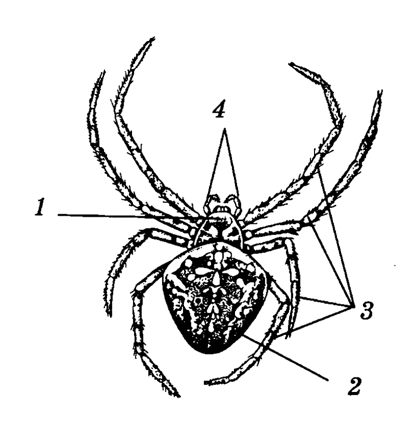


Рис. 81. Паук-крестовик (самка)

Дыхательная система. Легкие и трахеи, проходящие во все органы тела и имеющие дыхательное отверстие. Дыхание воздушное. Легкие расположены на нижней стороне брюшка.

Кровеносная система. Незамкнутая. Кровь бесцветная. Сердце в виде длинной трубочки, находится на спинной стороне брюшка, от него отходят сосуды в боковые стороны, а вперед — аорта.

Выделительная система. Две трубочки (мальпигиевы сосуды), которые одним концом слепо заканчиваются в полости тела, где в них всасываются из крови (гемолимфы) конечные продукты жизнедеятельности. Другим концом они впадают в кишечник на границе средней и задней кишки. Это приводит к большой экономии воды. Экскреты выводятся через анус.

Нервная система. Узлового типа. Надглоточный узел составлен пятью парами нервных узлов, образуя мозг. От него отходит брюшная нервная цепочка, все ганглии которой слились в один, имеющий форму звезды.

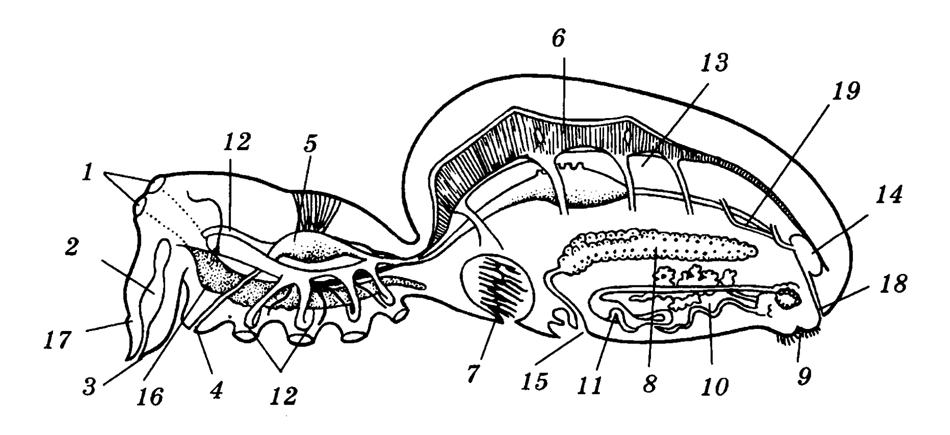


Рис. 82. Внутреннее строение паука

Органы чувств. Представлены четырьмя парами простых глаз на голове и органами осязания и слуха, находящимися на ногощупальцах. Имеются статоцисты — органы равновесия.

Размножение. Половое. Раздельнополые животные. Оплодотворение наружновнутреннее, так как самец выделяет мешочек со сперматозоидами, а самка захватывает его и направляет внутрь, где и происходит оплодотворение яйцеклеток. Осенью самка строит паутинный кокон, куда откладывает яйца, после чего погибает.

Развитие. Из яиц выводится потомство, похожее на взрослых особей, сразу же начинающее строить сеть и ловить мелких насекомых.

Экология паукообразных

Первые наземные животные, освоившие в силурийском периоде сушу и перешедшие на воздушное дыхание. Ведут дневной или ночной образ жизни. Обитают в лесах, на лугах, пастбищах, в песках пустынь. Одни ткут ловчие сети, другие нападают на добычу. Питаются насекомыми, но каракурты, скорпионы и тарантулы наносят укусы человеку, домашним животным (верблюдам, лошадям), вызывая болезненные явления, иногда со смертельным исходом. Особую опасность представляют клещи — переносчики болезней от диких животных к человеку и домашним животным (туляремия, чума, энцефалит). Чесоточные клещи вызывают чесотку у людей и млекопитающих. Большой ущерб сельскому хозяйству наносят клещи, паразитирующие на растениях и сосущие их соки, — плодовый, паутинный, земляничный и др. Зерно повреждают, выгрызая зародыш, амбарные (мучные) клещи. Для борьбы с клещами существуют только химические средства, биологические же практически не разработаны.

Задание 39. Насекомые

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 45.
- Дать подписи к рисункам 83–85.
- Проанализировать конспект и таблицу 86.
- Проанализировать таблицу 87. Эта таблица — итог всего раздела «Беспозвоночные животные». Она составлена предельно кратко. Особое внимание следует обратить на ароморфозы. Провести сравнительный анализ эволюции строения тела, систем органов и органов представителей разных систематических групп.

Вопросы для самоконтроля

- Чем отличаются насекомые от других членистоногих?
- Какое место в эволюции типа членистоногих и всех типов беспозвоночных животных занимают насекомые?
- Из каких частей состоит тело насекомых?
- Какие органы находятся на члениках груди?
- Сколько пар конечностей и каковы особенности их строения у разных насекомых?
- Каково разнообразие строения крыльев у насекомых?
- Какие органы расположены на голове у насекомых различных отрядов?
- Назовите типы ротового аппарата, встречающиеся у насекомых. Каково его происхождение?
- В чем проявляются признаки параллельного развития насекомых и цветковых растений?
- Почему цветковые растения играют главную роль в жизни насекомых?
- С чем связано большое разнообразие в строении пищеварительной системы насекомых?
- Как устроена и как функционирует кровеносная система у насекомых?
- Что такое мальпигиевы сосуды?
- Какую функцию выполняет гемолимфа у насекомых?
- Что представляет собой трахеальная система насекомых?
- Какого типа нервная система у насекомых?
- Какие глаза бывают у насекомых?
- Есть ли у насекомых органы слуха?
- Какой тип развития насекомых более совершенный — с полным или неполным превращением? Почему?
- Какие принципы лежат в основе подразделения класса насекомых на отряды?
- Каких насекомых называют общественными и почему?
- Каковы биологические и функциональные различия между особями в пчелином рое?
- Что такое биологические методы защиты растений?

Контрольная работа № 45

1. Какие части тела характерны для насекомых (голова, грудь, головогрудь, брюшко, хвост, конечности, крылья)?
2. На члениках какой части тела расположены крылья и ножки (голова, грудь, брюшко, хвост)?
3. Сколько пар ходильных ног у насекомого (2, 3, 4, 5, 6)?
4. К чему прикреплены концы мышц у насекомых (к костям, к хитиновому покрову, свободные)?
5. Каково строение сердца у насекомых (трубка, двухкамерное, многокамерное, однокамерное)?
6. Какую функцию выполняет кровь у насекомых (разносит кислород, поглощает диоксид углерода, разносит питательные вещества, собирает продукты распада)?

7. Как передается кислород из трахей в клетки тела (кровь, полостная жидкость, прямой контакт)?
8. Какую функцию выполняет жировое тело (запас питательных веществ, запас воды, накопление продуктов жизнедеятельности, выведение продуктов обмена веществ)?
9. Где заканчиваются выделительные трубочки — мальпигиевы сосуды — у насекомых (голова, хвост, брюшко, кишка)?
10. Какова функция выделительных трубочек (выведение отходов пищеварения, очистка крови от продуктов распада)?
11. Как поступает воздух в тело водных насекомых (жабры, легкие, дыхальца на последнем членике брюшка)?
12. Какой набор хромосом у трутня (n, 2n, 3n)?
13. Какие насекомые стали только «домашними» (пчелы, капустная белянка, тутовый шелкопряд, мухи, тараканы)?
14. Какие стадии развития существуют у насекомых с неполным превращением (яйцо, личинка, куколка, взрослая особь)?
15. Какие стадии развития имеются у насекомых с полным превращением (яйцо, личинка, куколка, взрослая особь)?

Класс Насекомые. Майский жук

Строение тела. Подразделяется на голову, грудь и брюшко. Голова включает пять слившихся сегментов, несет глаза, ротовые органы и два усика. От груди, состоящей из трех сегментов, отходят три пары ног, состоящих из члеников (тазик, вертлуг, бедро, голень, лапка), а также две пары крыльев (жесткие надкрылья и перепончатые крылья). Брюшко состоит из восьми члеников с дыхальцами по бокам.

Покров. Тонкий, хитиновый, на брюшке более мягкий.

Полость тела. Смешанная.

Пищеварительная система. Начинается на голове ротовым отверстием с грызущими органами и слюнными железами и заканчивается на последнем сегменте брюшка анальным отверстием. Между этими отверстиями находится передняя, средняя и задняя кишка. Передняя кишка подразделяется на глотку, пищевод и жевательный желудок. Средняя кишка выполняет функцию желудка, переваривающего пищу.

Дыхательная система. От дыхалец, расположенных посегментно, отходят тонкие трубочки — трахеи, которые ветвятся и оплетают все органы. Газообмен осуществляется непосредственно через стенки трахей, расположенных в тканях. В одну минуту совершается 20–35 дыхательных движений.

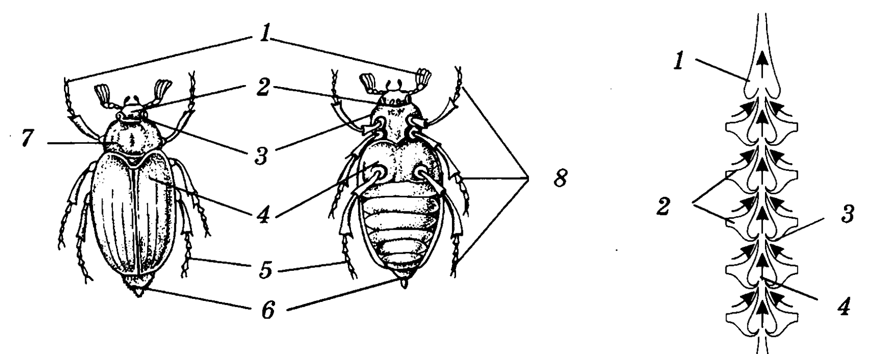


Рис. 83. Майский жук

Рис. 84. Сердце насекомого (*справа*)

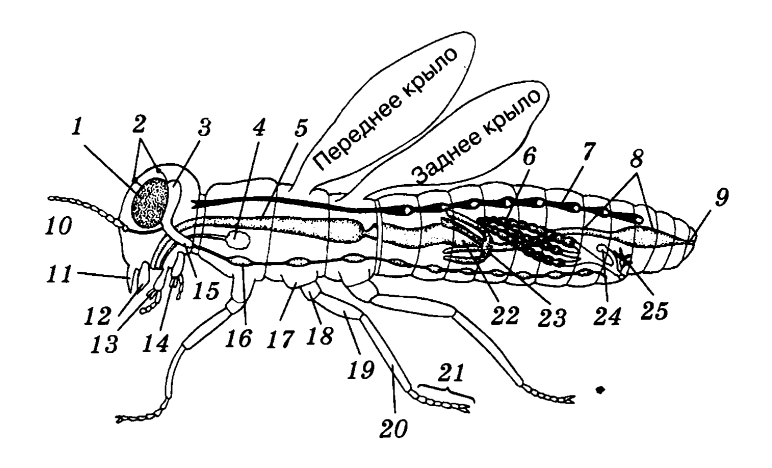


Рис. 85. Внутреннее строение насекомого

Кровеносная система. Незамкнутая. Сердце в виде длинной метамерной трубки. Кровь засасывается из полости тела через поры в сердце, затем перегоняется к головному концу в аорту, откуда вытекает в полость тела, разнося питательные вещества. В транспортировке газов не участвует. Кровь участвует в разгибании ног.

Выделительная система. Мальпигиевы сосуды, как у паукообразных. Кроме них имеется жировое тело, называемое также почкой накопления, которое извлекает из крови вредные вещества, но никуда их не выводит, а накапливает. Жировое тело также запасает жир, который затем используется, и азот, необходимый для образования нового хитинового покрова после линьки.

Нервная система. Узлового типа, представлена окологлоточным нервным кольцом и брюшной нервной цепочкой, у которой осо-

бенно развиты три пары грудных нервных узлов. Надглоточный нервный узел («мозг») образован тремя слившимися узлами, образующими передний, средний и задний мозг. Все отделы «мозга» парные.

Органы чувств. Сложные и простые глаза, органы обоняния, осязания (усики), вкуса и слуха.

Размножение. Половое. Раздельнополые животные. У самок имеются яичники с большим количеством яиц, у самцов в семенниках образуются сперматозоиды. Оплодотворение внутреннее. Откладывают яйца в почву.

Развитие. Из яиц в почве в течение 3–4 лет развиваются личинки, которые питаются корнями деревьев (сосны). Затем личинки превращаются в куколок и, достигнув максимального размера, превращаются в жуков и вылетают. Массовый вылет жуков происходит каждые 3–5 лет. Взрослые жуки питаются листьями березы. Развитие — с полным превращением (метаморфозом).

Экология насекомых

Самый молодой из беспозвоночных и самый многочисленный класс животных, насчитывающий более 1 млн видов. Насекомые полностью освоили все среды обитания — воду, сушу, воздух. Для них характерны сложные инстинкты, всеядность, высокая плодовитость, для некоторых — общественный образ жизни. При развитии с превращением происходит разделение среды обитания и источников пищи между личинками и взрослыми особями. Путь эволюции многих насекомых тесно связан с цветковыми растениями. Более высокоразвитые насекомые — крылатые. В круговороте веществ в природе большую роль играют жуки-могильщики, навозные, потребители растительных остатков, и в то же время большой ущерб наносят насекомые — вредители сельскохозяйственных растений, садов, запасов продовольствия, кожи, древесины, шерсти, книг. Многие насекомые — переносчики возбудителей болезней животных и человека. Ряд хищных и паразитических насекомых человек использует для биологической защиты растений от вредителей. Человек разводит пчел и тутового шелкопряда. В связи с сокращением природных биогеоценозов и применением пестицидов общее число видов насекомых сокращается, поэтому в Красную книгу занесено 219 видов, из них 80 видов бабочек, 8 — прямокрылых, 11 — стрекоз, 3 — пчел, 14 — шмелей и др.

Таблица 86. Класс Насекомые

Отряд	Представители	Особенности	Значение
С неполным превращением			
Прямокрылые	Перелетная саранча, кузнечик, богомол	Передние крылья жесткие, прозрачные, с почти параллельными продольными жилками. Задние крылья более широкие, с радиально расходящимися жилками. Ротовой аппарат грызущий	Вредители сельскохозяйственных культур, уничтожают листья и молодые побеги
С полным превращением			
Чешуекрылые (бабочки)	Капустная белянка, тутовый шелкопряд	Две пары крупных крыльев, покрытых роговыми чешуйками. Ротовой аппарат сосущий, у личинок (гусениц) грызущий. Куколка не питается	*Взрослые бабочки* — опылители растений, их гусеницы — вредители. *Тутовый шелкопряд* одомашнен 5 тыс. лет тому назад. Его куколки заключены в кокон, образованный одной шелковой нитью
Двукрылые	Комнатная муха, оводы, слепни, комары, дрозофилы, анофелес	Одна пара передних крыльев. Ротовой аппарат лижущий или колющий. Голова очень подвижная	*Комнатная муха* — переносчик кишечных заболеваний. Ее белые червеобразные личинки развиваются в помойках, уборных, навозных кучах, там же они превращаются в красно-бурых куколок, из которых выводятся мухи. *Желудочный и кожный оводы* паразитируют только на личиночной стадии. Взрослые особи не питаются. *Слепни*, наоборот, кусают животных и слизывают кровь, а личинки живут на почве. Переносчики инфекционных заболеваний, повреждают шкуры животных, снижают удои. Самка *малярийного комара* — основной хозяин малярийного плазмодия

Окончание табл. 86

Отряд	Представители	Особенности	Значение
Перепончатокрылые	Медоносная пчела, осы, шмели, муравьи, наездники	Две пары прозрачных крыльев, передние больше задних. Ротовой аппарат у жалоносных грызуще-сосущий, у других — грызущий. Жало — видоизмененный яйцеклад. Пчелы, муравьи, осы — общественные насекомые	Опылители растений. *Пчелы* дают мед, воск, прополис, молочко. *Муравьи* и *осы* защищают лес от вредителей, поедая гусениц. *Наездники* поражают вредителей растений, откладывая яйца в тело их личинок
Жесткокрылые (жуки)	Майский жук, жук-плавунец, жук-могильщик, жужелица, скарабей, колорадский жук, божья коровка, короеды, кожееды, точильщики	Две пары крыльев — жесткие надкрылья и легкие подкрылья. Ротовой аппарат — грызущий	Вредители сельскохозяйственных культур — колорадский жук, амбарный долгоносик, садовые слоники, короеды, точильщики, лубоеды, корнежилы. Личинки майского жука питаются корнями сосны, а взрослые жуки — листьями березы. Санитары природы. Жуки-навозники погребают в землю навоз, а могильщики — трупы животных, которыми питаются их личинки. Божьи коровки уничтожают тлю, питающуюся соками растений. Многие виды жуков — красивые и редкие насекомые, занесенные в Красную книгу

Таблица 87. Сравнительная характеристика основных типов беспозвоночных животных

Корненожки	Амеба обыкновенная	Одноклеточное	Наружная клеточная мембрана	Нет	Фагоцитоз, пиноцитоз	Нет. Дыхание всей поверхностью тела	Нет	Сократительные вакуоли	Нет. Реакция на раздражение	Нет. Рецепторы осязания, вкуса, света	Деление клетки путем митоза
Жгутиковые	Эвглена зеленая				На свету автотрофное (фототрофное)						То же
Инфузории	Инфузория-туфелька				Клеточный рот, глотка, пищеварительная вакуоль, порошица						Деление клетки путем митоза. Половой процесс — конъюгация
Кишечнополостные	Гидроидные. Пресноводный полип гидра	Многоклеточное двухслойное Радиальная симметрия	Эктодерма, покровно-мышечные клетки	Нет	Ротовое отверстие, кишечная полость, клетки энтодермы, фагоцитоз, пищеварительная вакуоль. Рот.	То же	Нет	Вся поверхность тела	Диффузного типа	Чувствительные щупальца со стрекательными нитями	Гермафродиты. В эктодерме — яйцеклетки и сперматозоиды, оплодотворение перекрестное. Половое, бесполое и вегетативное размножение

Продолжение табл. 87

Систематическое положение		Строение тела			Пищеварительная система (пищеварение)	Органы дыхания (дыхание)	Кровеносная система, сердце	Выделительная система (выделение)	Нервная система	Органы чувств (чувствительные клетки)	Органы размножения. Способы размножения
Тип	Класс, представитель	Тело	Покров, мышцы	Полость тела							
Плоские черви	Ленточные. Бычий цепень	Членистое, трехслойное. Двусторонняя симметрия	Кожно-мускульный мешок. Мышцы гладкие	Нет	Всасывание пищи всей поверхностью тела (паразит)	Нет	Нет	Выделительные трубочки протонефридии, открывающиеся на заднем членике	Головной нервный узел. Два нервных ствола, нервы	Нет	Гермафродиты. В каждом членике — яичники, матки, семенники
	Ресничные. Планария белая	Нечленистое, трехслойное. Двусторонняя симметрия			Рот, глотка, трехветвистый кишечник (переваривание пищи), рот	Поверхность тела	»	Выделительные трубочки с порами — протонефридии	Головной нервный узел. Два нервных ствола	Два глаза, осязательные головные лопасти	Гермафродиты. Два яичника и 200–300 семенников. Откладывают кокон с 5–45 яйцами. Оплодотворение перекрестное, внутреннее
Круглые черви	Круглые черви. Аскарида человеческая	Нечленистое, трехслойное. Двусто-	Кожно-мускульный мешок	Первичная полость тела, заполне-	Пищеварительная трубка: рот, кишечник,	Нет	»	Два канала, открывающиеся в головной	Окологлоточное нервное кольцо, нервные стволы,	Осязательные клетки	Раздельнополые. У самцов — семенники, у самок — яичники

		ронняя симметрия		жидкостью	анальное (заднепроходное) отверстие			части. Протонефридии			
Кольчатые черви	Малощетинковые. Дождевой червь	Членистое, трехслойное. Двусторонняя симметрия	Кожно-мускульный мешок	Вторичная полость выстлана эпителием, заполнена жидкостью	Пищеварительная система: рот, глотка, пищевод, зоб, желудок, кишечник, анальное отверстие (анус)	Всей поверхностью тела. У нереид — жабры	Замкнутая. Продольные и поперечные кольцевые сосуды — «сердца»	Парные трубочки в члениках — метанефридии	Узлового типа. В голове окологлоточное нервное кольцо. Брюшная нервная цепочка	Светочувствительные клетки. Осязательные клетки	Гермафродиты. Яичники и семенники в разных члениках. Оплодотворение перекрестное внутреннее. Откладывают кокон с 1–3 яйцами
Моллюски	Брюхоногие. Прудовик большой	Голова, туловище, нога	Раковина, мантия, мышцы	Вторичная	Пищеварительная система как у кольчатых червей; кроме того, появляется печень, а зоб отсутствует. У брюхоногих слюнная железа	Легкое	Незамкнутая. Двухкамерное сердце	Почка	Узлового типа. Окологлоточное нервное кольцо. Четыре пары нервных узлов	Глаза, щупальца, статоцист	Гермафродиты. Откладывают яйца, в воде развиваются зародыши. Оплодотворение внутреннее, перекрестное
	Двустворчатые. Беззубка	Туловище, нога				Жабры	Незамкнутая. Трехкамерное сердце	Почки	То же, но три пары нервных узлов	Осязательные клетки в ноге и по краям мантии	Раздельнополые. Оплодотворение внутреннее. Личинки развиваются на теле рыбы

Окончание табл. 87

Систематическое положение		Строение тела			Пищеварительная система (пищеварение)	Органы дыхания (дыхание)	Кровеносная система, сердце	Выделительная система (выделение)	Нервная система	Органы чувств (чувствительные клетки)	Органы размножения. Способы размножения
Тип	Класс, представитель	Тело	Покров, мышцы	Полость тела							
Членистоногие	Ракообразные. Речной рак	Головогрудь, брюшко, членистые конечности. Ходильных ног у рака 5 пар, у паука — 4 пары	Хитиновый покров, поперечнополосатые мышцы	Смешанная	*Передний отдел*: рот, глотка, пищевод, зоб, желудок. *Средний отдел*: кишка, пищеварительная железа, печень. *Задний отдел*: кишка, анус. Особенности: у ракообразных челюсти, ротовой аппарат грызущий, печень; у паука ротовой аппарат сосущий, предварительное пищеварение внеорганизменное; у насекомых слюнные железы, ротовой аппарат грызущий, колюще-сосущий, сосущий, лижущий, печени нет	Жабры	Незамкнутая. Сердце пятиугольной формы	Две зеленые железы, метанефридии	Окологлоточное нервное кольцо и брюшная нервная цепочка	Сложные глаза, усики (органы обоняния, осязания, равновесия, слуха)	Раздельнополые. Оплодотворение вне организма. Потомство развивается на брюшных ножках матери
	Паукообразные. Паук-крестовик					Легкие, трахеи	Незамкнутая. Сердце трубочковидное	Две трубочки — выросты кишечника — мальпигиевы сосуды	То же	Простые глаза (4 пары). Ногощупальца, органы слуха	Раздельнополые. Оплодотворение наружновнутреннее. Самка откладывает яйца в кокон
	Насекомые. Майский жук	Голова, грудь, брюшко, крылья, членистые конечности, у жука 3 пары ходильных ног				Трахеи	Незамкнутая. Сердце в виде трубки	Жировое тело и несколько пар мальпигиевых сосудов	»	Сложные и простые глаза. Обонятельные и осязательные усики	Раздельнополые. Оплодотворение внутреннее. Из яйца — личинка, куколка, взрослый жук (развитие с полным превращением)

Систематика хордовых

ТЕМА. Тип Хордовые

Общая характеристика типа. Ланцетник — низшее хордовое животное. Среда обитания. Внешнее строение. Хорда. Особенности внутреннего строения. Сходство ланцетников с позвоночными и беспозвоночными.

Таблица 88. Сравнительная характеристика беспозвоночных и позвоночных животных

Признаки	Беспозвоночные	Подтип Позвоночные	Подтип Бесчерепные (Ланцетники)
Скелет	Наружный	Внутренний: хорда, костный или хрящевой	Внутренний (хорда)
Нервная система	Узлового типа. Нервные стволы Диффузная	Спинной мозг в виде трубки. Головной мозг состоит из пяти отделов	Спинной мозг в виде трубки
Органы дыхания:			
местоположение	Грудь, брюшко	Голова. Грудь	Голова (глотка)
формы	Поверхность тела, дыхательные трубки, трахеи, жабры, легкие	Выросты кишечника: плавательный пузырь (у древних позвоночных), легкие, жабры, кожа	Жабры
Строение и положение сердца	Однокамерное или многокамерное, на спинной стороне тела	2-, 3-, 4-камерное, на брюшной стороне тела	Нет
Кровеносная система	Незамкнутая (кроме кольчатых червей)	Замкнутая	Замкнутая
Расположение органов чувств	Различные части тела	Голова	Различные части тела
Органы захвата пищи	Конечности	Челюсти; у некоторых — конечности	Нет. Питается пассивно

Признаки сходства позвоночных с беспозвоночными

1. Сходство ранних этапов эмбрионального развития — зигота, бластула, гаструла.
2. Развитие первичной, затем вторичной полости тела в процессе онтогенеза.
3. Развитие первичного, затем вторичного рта.
4. Метамерное (членистое) разделение тела, проявляющееся в строении позвоночника, грудной клетки, межреберных мышц, спинномозговых нервов, межреберных лимфатических и кровеносных сосудов.
5. Двусторонняя симметрия.
6. Общий план строения пищеварительной системы.

Общие указания. Тип Хордовые делят на три неравноценных подтипа: Оболочники, Бесчерепные и Позвоночные. Меньший по объему, наиболее древний и примитивный подтип — Бесчерепные, у которых впервые появилась хорда. Самый высокоорганизованный подтип — Позвоночные, куда относится большинство современных животных, в том числе человек (см. рис. 66).

Характерные признаки хордовых — трехслойное строение, двусторонняя симметрия, вторичная полость тела, вторичный рот (у более высокоорганизованных животных первичный рот замыкается, на его месте образуется анальное отверстие, а вторичный прорезается на противоположной стороне). В процессе эмбрионального развития хордовые проходят те же стадии, что и некоторые беспозвоночные животные, чем подтверждается главное положение биогенетического закона. Особенность хордовых — в более сложном строении и развитии гаструлы, во время которой образуются хорда и нервная пластинка. Следующая стадия носит название *нейрула* (нейрон — нерв) и характерна для хордовых, на этой стадии образуется нервная трубка.

Хорда, появляющаяся на зародышевых стадиях в виде эластичной продольной струны, остается лишь у подтипов оболочники (в личиночной стадии) и бесчерепные, у позвоночных же на смену ей развивается *позвоночник*, являющийся внутренней опорой тела — скелетом. Развитие скелета обусловливает разнообразие органов, способных осуществлять все жизненно важные функции организма. Как и более многочисленные членистоногие, позвоночные животные также завоевали все среды обитания — воду, воздух, сушу. В ходе приспособительной эволюции совершенствовались органы движения, изменялись покровы

тела, развивались органы дыхания, кровообращения, органы чувств и нервная система, регулирующая и контролирующая работу всех систем органов.

Классификация подтипа позвоночных основана на совокупности ряда признаков: строение тела, покровы, органы кровообращения и дыхания, нервная система, органы чувств, размножения.

Повторение материала о хордовых животных удобнее начать с рассмотрения тканей. Ткань — это группа клеток, имеющих одинаковое происхождение, строение и функцию. Ткани формируют различные органы, которые объединяются в системы органов, составляющих организм (см. табл. 98).

Задание 40

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 46.
- Дать подписи к рисунку 86.
- Проанализировать конспект.

Вопросы для самоконтроля

- Какое место в эволюции животных занимают хордовые?
- На какие подтипы и по каким признакам подразделяют тип хордовых животных?
- Какой зародышевый листок образует хорду?
- Какова роль хорды и какой опорный орган возник на основе хорды?
- В какой период развития эмбриона позвоночных у них появляется хорда?
- Какие признаки строения позвоночных свидетельствуют об их общих предках с древними кольчатыми червями?
- Чем отличаются вторичноротые животные от первичноротых?
- Чем характеризуется нервная система хордовых?
- Каково происхождение легких в процессе онтогенеза и филогенеза у позвоночных?
- Какого типа кровеносная система у хордовых?
- В связи с чем усложняется строение сердца у позвоночных?
- Как объяснить перемещение органов чувств в головную часть тела у позвоночных?
- Каковы признаки примитивности у ланцетника?
- Какие черты строения свидетельствуют о том, что древние формы ланцетника были предками позвоночных?
- На какие классы делят подтип позвоночных?
- Назовите эти классы в порядке их появления в истории Земли.
- Какие типы тканей характерны для хордовых животных?

Контрольная работа № 46

1. Что представляет собой хорда (полая трубка, эластичный тяж, узловая цепочка)?
2. Из какого зародышевого листка формируется хорда (мезодерма, эктодерма, энтодерма)?
3. Из чего образуется позвоночник (мезодерма, энтодерма, эктодерма)?
4. Чем представлена центральная нервная система у хордовых (полая трубка, эластичный тяж, узловая цепочка)?
5. Какая полость тела характерна для хордовых (первичная, вторичная, смешанная)?
6. Какой рот образуется у взрослых хордовых (первичный, вторичный)?
7. Какого типа кровеносная система у ланцетника (незамкнутая, замкнутая, отсутствует)?
8. В какой части тела расположены жаберные щели у ланцетника (череп, глотка, грудь, брюхо)?
9. Какая пищеварительная железа имеется у ланцетника (желудок, поджелудочная железа, печень)?
10. Какие органы чувств существуют у ланцетника (органы зрения, слуха, обоняния, осязания, органы равновесия)?
11. Какие признаки появились у низших хордовых впервые в процессе эволюции (замкнутая кровеносная система, пищеварительные железы, внутренний скелет, нервная трубка, теплокровность)?
12. К какому типу тканей относится кровь (эпителий, мышечная, соединительная)?
13. Из какого зародышевого листка образуется мышечная ткань (энтодерма, эктодерма, мезодерма)?

Подтип Бесчерепные. Класс Ланцетники. Ланцетник

Строение тела. Форма рыбовидная, тело 4–8 см длиной, прозрачное. На головном конце находится рот со щупальцами, вдоль спины проходит плавник, переходящий в хвостовой и подхвостовой плавники. Череп отсутствует. Скелет внутренний, представлен хордой (тяж в плотной оболочке). Тело сегментировано, мышцы хорошо развиты.

Покров. Однослойный эпидермис, под ним — тонкий слой соединительной ткани.

Полость тела. Вторичная.

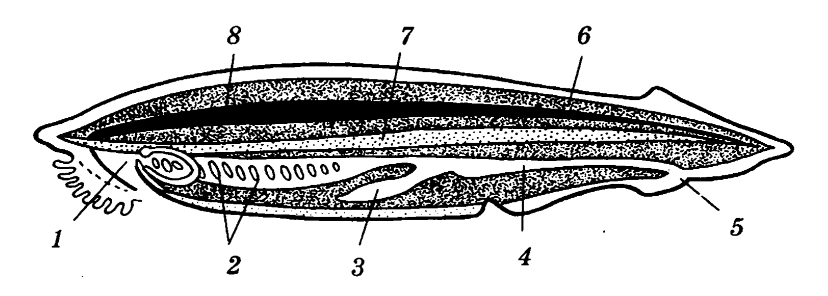


Рис. 86. Ланцетник (продольный разрез)

Пищеварительная система. Включает рот, ротовую полость, глотку, среднюю кишку с печеночным выростом, заднюю кишку, анальное отверстие. Желудка нет. Питается беспозвоночными, которые попадают в рот с током воды.

Дыхательная система. Жабры в виде длинных косых щелей на стенке глотки. Жабры защищены околожаберной полостью, которая имеет отверстие на брюшной стороне. Вода поступает в ротовое отверстие и выходит в околожаберное.

Кровеносная система. Замкнутая, представлена спинным и брюшным сосудами и капиллярами. Сердца нет, его роль выполняет брюшной сосуд, по которому кровь движется к жабрам. Кровь бесцветная, гемоглобина нет. Кровь разносит по организму питательные вещества и газы (O_2, CO_2).

Выделительная система. Выделительные трубки (метанефридии), расположенные по сегментам. Одним концом каждая трубка открывается в полость тела, другим — в околожаберную полость. С кровеносной системой связана слабо.

Нервная система. Центральная нервная система в виде трубки, расположенной на спинной стороне тела над хордой. Внутри трубки проходит канал. В каждом сегменте тела от трубки отходит пара нервов.

Органы чувств. Очень примитивны. Вдоль нервной трубки расположены светочувствительные клетки, в поверхностном слое кожи расположены нервные клетки, воспринимающие химические раздражения. Осязательные клетки по всему телу. Органов слуха нет.

Размножение. Раздельнополые животные. У самок яичники, у самцов семенники, расположенные по сегментам (25 пар). Половые клетки выходят через околожаберную полость в воду, оплодотворение наружное.

Развитие. Происходит в воде. Из зиготы развивается бластула, затем гаструла, после чего из яйца выходит личинка и развивается около трех месяцев. Активно питается беспозвоночными животными — зоопланктоном, после чего опускается на дно и во взрослом состоянии ведет довольно пассивный образ жизни, зарываясь в грунт.

ТЕМА. Подтип Черепные (Позвоночные) Надкласс Рыбы

Общая характеристика надкласса. Речной окунь. Среда обитания. Внешнее строение. Скелет и мускулатура. Полость тела. Пищеварительная, кровеносная, дыхательная системы. Плавательный пузырь. Нервная система и органы чувств. Поведение. Размножение и развитие. Забота о потомстве. Многообразие рыб. *Отряды рыб*: акулы, скаты, осетровые, сельдеобразные, карпообразные, кистеперые. Хозяйственное значение рыб. Промысел рыб. Искусственное разведение рыб. Прудовое хозяйство. Влияние деятельности человека на численность рыб. Необходимость рационального использования рыбных богатств и защита вод от загрязнения.

Задание 41

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 47.
- Дать подписи к рисункам 88, 89, 93.
- Проанализировать таблицы 89, 90 «Отряды рыб».
- Проанализировать конспект и рисунки 87, 91–93, схему 52.

Вопросы для самоконтроля

- Какие признаки отличают рыб от других животных?
- Назовите признаки идиоадаптации, появившиеся у рыб в связи с водной средой обитания.
- Какие ароморфозы произошли в строении тела рыбы?
- Назовите части скелета рыбы.
- Где расположены и из чего состоят пояса конечностей у рыб?
- Как можно определить возраст костистой рыбы?
- Имеется ли хорда у взрослой костистой рыбы?
- Где прикрепляются скелетные мышцы у рыб?
- Какие органы рыбы состоят из поперечнополосатых мышц?
- Из каких мышц состоят стенки кровеносных сосудов?
- Какие органы входят в пищеварительную систему рыбы?
- Какова роль печени?
- Где происходит газообмен у рыб?

- На какой стороне тела расположено сердце у рыбы и какую это играет роль?
- Почему у рыб холодная кровь?
- Какие главные кровеносные сосуды у рыб?
- Какие отделы головного мозга имеются у рыб и каковы их функции?
- Какие органы чувств появились у рыб?
- Что такое нерест? Как подразделяются рыбы по способу нереста?
- Какая существует зависимость между числом отложенных икринок и заботой о потомстве?
- Чем отличается рыбоводство от рыборазведения?
- Каково значение рыб в народном хозяйстве?

Контрольная работа № 47

1. Из каких частей состоит тело рыбы (голова, грудь, брюшко, туловище, хвост, конечности)?
2. Какие плавники парные (хвостовой, спинной, грудной, анальный, брюшной)?
3. Какие плавники связаны с поясами конечностей (грудные, брюшные, анальный)?
4. Какая из пищеварительных желез продуцирует желчь (желудок, печень, поджелудочная железа)?
5. С какой системой органов связано образование плавательного пузыря (кровообращение, дыхание, пищеварение)?
6. Какую роль может играть плавательный пузырь (гидростатический аппарат, орган равновесия, орган дыхания, орган пищеварения)?
7. Какую роль играют жаберные дуги (опора, увеличение площади поверхности, фильтр)?
8. Какая кровь проходит через сердце рыбы (смешанная, венозная, артериальная)?
9. Сколько кругов кровообращения у рыб (1, 2)?
10. Сколько ударов в минуту делает сердце рыб (20, 70, 140)?
11. В каких органах очищается кровь у рыб от продуктов распада (кишечник, печень, жабры, кожа, почки)?
12. Какие рыбы эволюционно самые молодые (хрящевые, двоякодышащие, кистеперые, костистые)?
13. Какие рыбы были наиболее вероятными предшественниками земноводных животных (хрящевые, двоякодышащие, кистеперые, костистые)?
14. У каких рыб нерест бывает один раз в жизни, после чего они погибают (окунь, карась, угорь, горбуша, щука)?

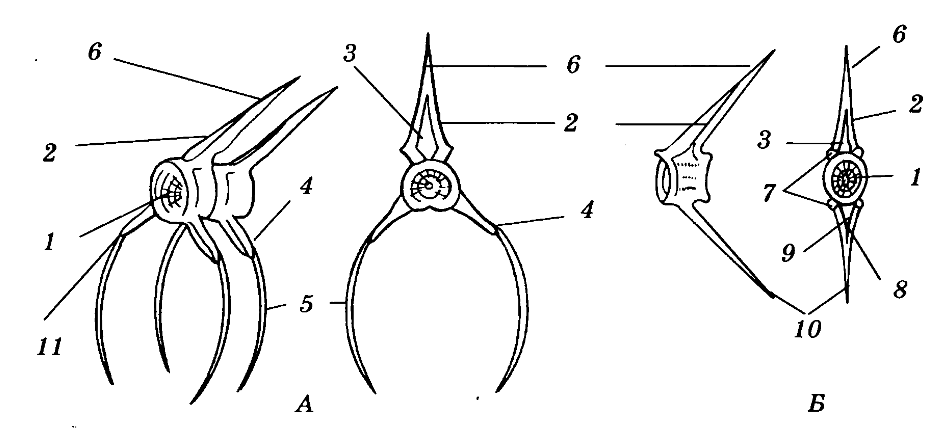


Рис. 87. Строение туловищного (*А*) и хвостового (*Б*) позвонков костистой рыбы (сбоку и спереди):

1 — тело позвонка, *2* — верхняя дуга, *3* — спинномозговой канал, *4* — поперечные отростки, *5* — ребра, *6* — верхний остистый отросток, *7* — сочленовные отростки, *8* — нижняя дуга, *9* — гемальный канал, где проходит хвостовая артерия, *10* — нижний остистый отросток, *11* — сочленение поперечных отростков и ребер

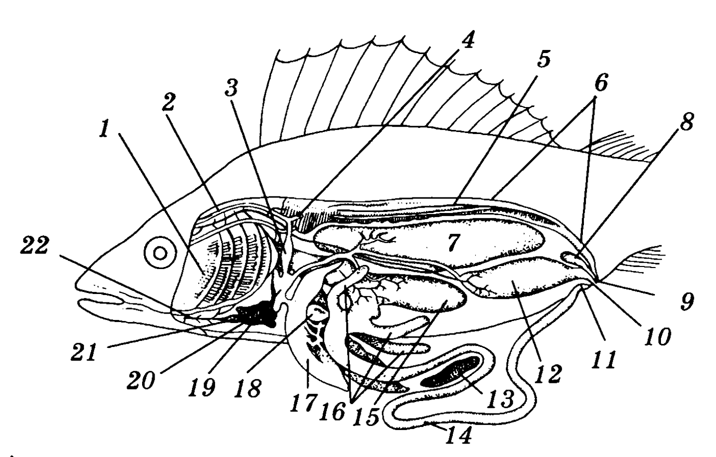


Рис. 88. Строение костистой рыбы

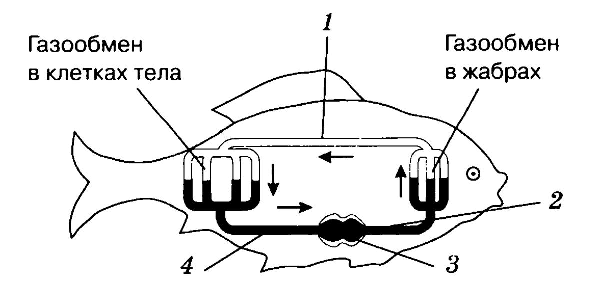
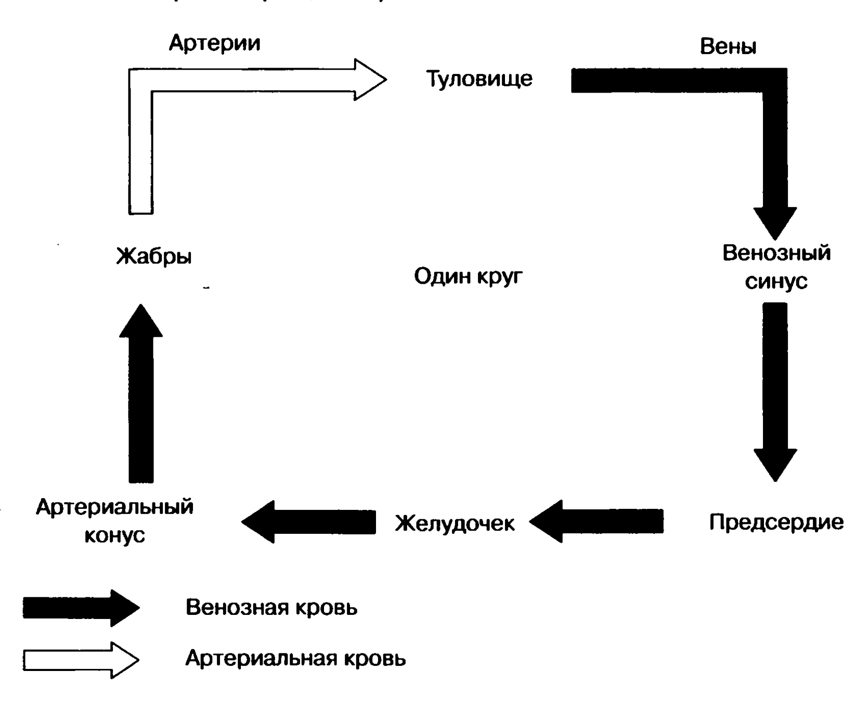


Рис. 89. Схема кровеносной системы рыбы — один круг кровообращения

Схема 52. Кровообращение рыб



Класс Костистые рыбы. Речной окунь

Строение тела. Форма тела веретеновидная, обтекаемая, уплощенная с боков. Тело состоит из головы, туловища и хвоста. Непарные плавники — спинной, хвостовой, подхвостовой; парные — грудные, брюшные. Грудные плавники опираются на плечевой пояс, брюшные — на тазовый.

Покров. Кожа, покрытая костными чешуями; в коже имеются железы, выделяющие слизь. Окраска чешуи темная на спине, с поперечными полосами на боках и желтовато-белая на брюшной стороне.

Скелет. Слагается из черепа, позвоночника, связанных с ним ребер, скелета плечевого и тазового поясов конечностей. Череп состоит из мозговой коробки, челюстных костей, жаберных дуг и жаберных крышек. Лопасти плавников поддерживаются костными лучами. Скелет костный. Позвоночник состоит из позвонков, подразделяющихся на туловищные и хвостовые. Туловищные состоят из тела с поперечными отростками и верхней дуги. Верхняя дуга образует спинномозговой канал. К поперечным отросткам прикрепляются ребра. У хвостовых позвонков нижние

дуги (поперечные отростки) соединяются, а по образовавшемуся каналу проходят кровеносные сосуды, поэтому он называется гемальным.

Мышцы. Сегментированные, однотипные, опираются на позвоночник, особенно мощные мышцы спины и хвоста. Сегменты мышц скреплены тонкими мышечными косточками. Мышцы обеспечивают также движения плавников, челюстей, жаберных крышек.

Пищеварительная система. Рот с зубами, глотка, пищевод, желудок, тонкий кишечник, куда впадают протоки печени и поджелудочной железы, задний отдел кишечника, анальное отверстие. К печени прилегает желчный пузырь. От переднего отдела кишечника обособляется плавательный пузырь, наполненный смесью газов. Он облегчает вертикальное перемещение рыбы в толще воды.

Дыхательная система. Жабры, состоящие из четырех пар дуг, с расположенными на них лепестками и тычинками. Рыба заглатывает ртом воду, пропускает ее через жабры, где происходит поглощение кислорода и выделение углекислого газа, а также задерживается добыча.

Кровеносная система. Сердце двухкамерное, состоит из предсердия и желудочка. Один круг кровообращения. Венозная кровь проходит через предсердие, затем через желудочек сердца, попадает в аорту, приносящие артерии, которые в жабрах многократно ветвятся на капилляры. В жабрах происходит газообмен, в результате чего кровь насыщается кислородом и становится артериальной. Жаберные капилляры собираются в выносящие артерии, затем в спинную аорту, которая разносит по телу артериальную кровь. В клетках тела происходит газообмен: кровь отдает кислород и насыщается углекислым газом. Вены впадают в предсердие и приносят венозную кровь; брюшная артерия выносит из желудочка сердца также венозную кровь. Главные артерии: брюшная аорта, приносящие артерии, выносящие артерии, сонные артерии, спинная аорта, подключичные артерии. Главные вены: хвостовая, правая и левая задние кардинальные вены*, передние яремные (передние кардинальные) вены, подкишечная вена. Воротные системы: печени, почек. У рыб кровь красная. Имеются эритроциты (с ядром), лейкоциты, тромбоциты.

---

* *Кардинальные вены* (от лат. «кардиналис» — главный) — главные парные продольные вены ланцетников и рыб.

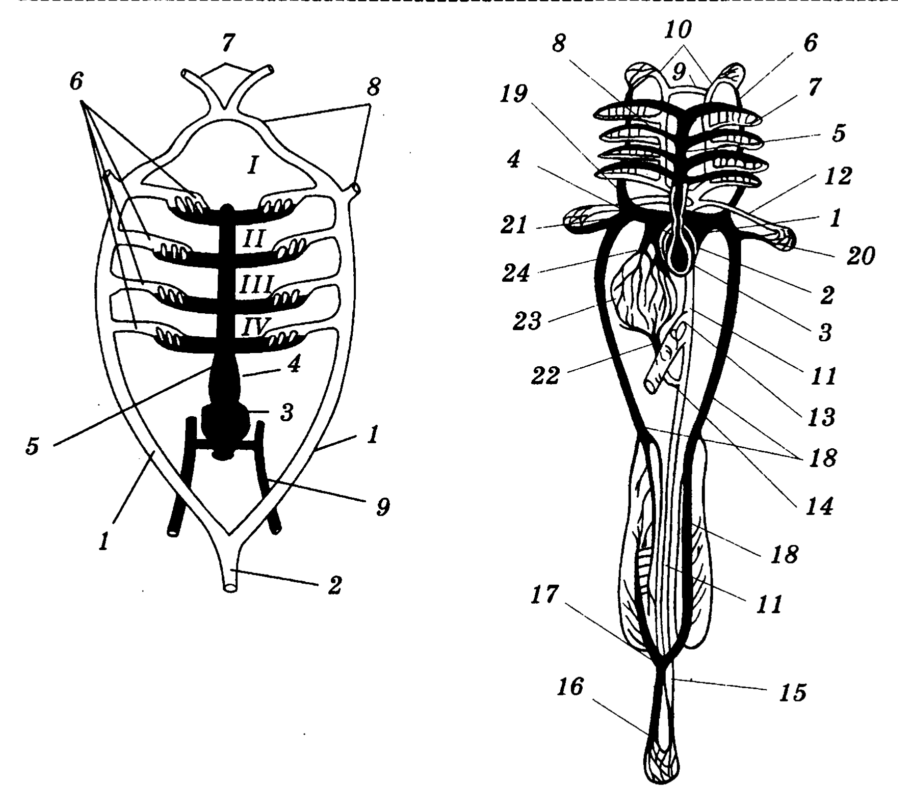


Рис. 90. Схема кровеносной системы рыбы в головном отделе:
I, II, III, IV — артериальные дуги жаберных артерий; *1* — корни аорты, *2* — спинная аорта, *3* — предсердие, *4* — желудочек, *5* — брюшная аорта, *6* — приносящие и выносящие артерии жабр, *7* — сонные артерии, *8* — головное кровообращение, *9* — парные кардинальные вены. Венозная кровь обозначена черным цветом

Рис. 91. Схема кровеносной системы костистой рыбы:
1 — венозный синус (пазуха), *2* — предсердие, *3* — желудочек, *4* — луковица аорты (у других групп — артериальный конус), *5* — брюшная аорта, *6* — приносящие жаберные артерии, *7* — выносящие жаберные артерии, *8* — корни спинной аорты, *9* — круг, соединяющий на головном конце корни аорты, 10 — сонные артерии, *11* — спинная аорта, *12* — подключичная артерия, *13* — кишечная артерия, *14* — брыжеечная артерия, *15* — хвостовая артерия, *16* — хвостовая вена, *17* — воротная вена левой почки, *18* — задние кардинальные вены, *19* — передняя кардинальная вена, *20* — подключичная вена, *21* — кювьеров проток (образуются протоки от слияния передних и задних кардинальных вен), *22* — воротная вена печени, *23* — печень, *24* — печеночная вена

Выделительная система. Парные туловищные почки, расположенные вдоль позвоночника в виде вытянутых темно-красных тел. От них отходят мочеточники, по которым моча стекает в мочевой пузырь, а затем удаляется через мочевое отверстие наружу.

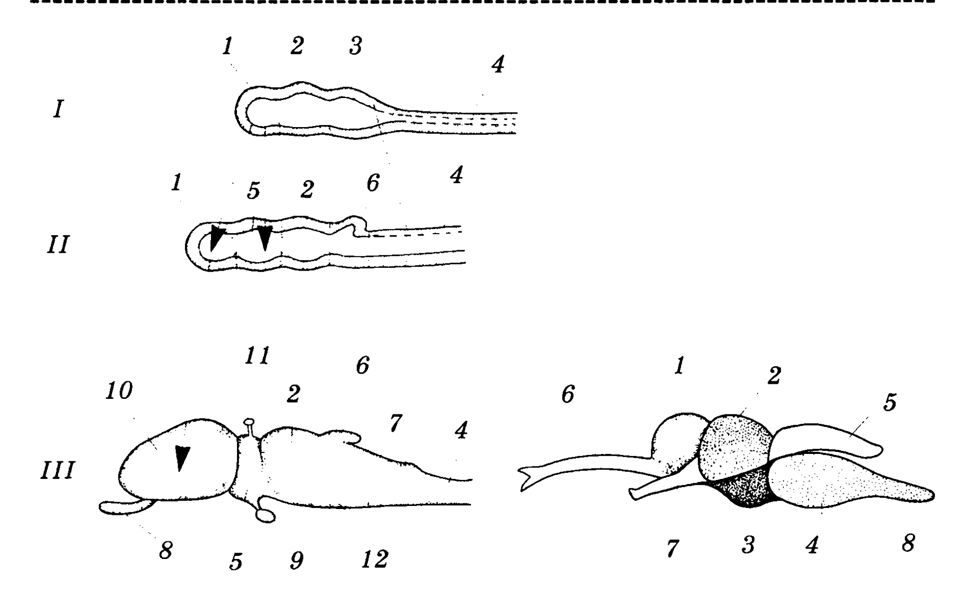


Рис. 92. Последовательность развития отделов головного мозга у позвоночных животных:

I — образование на конце нервной трубки *1*, *2*, *3* — мозговых пузырей; *II* — дифференцировка мозговых пузырей: *1* в *1* и *5*, *2* в *2*, *3* в *6*, *12*, *7*; *4* остается спинным мозгом; *III* — дальнейшее преобразование мозговых пузырей: *10* — парные полушария переднего мозга, *5* — промежуточный мозг, *2* — средний мозг, *6* — мозжечок, *7* — продолговатый мозг, *12* — варолиев мост, *8* — обонятельные доли, *9* — гипофиз, *11* — эпифиз

Рис. 93. Мозг рыбы (*справа*)

Нервная система. Центральная нервная система представлена спинным и головным мозгом, периферическая — нервами. Спинной мозг находится в спинномозговом канале позвоночника. Головной мозг состоит из пяти отделов — переднего, промежуточного, среднего, продолговатого мозга и мозжечка, защищенных костями черепной коробки.

Органы чувств. Органы зрения — глаза, орган слуха — внутреннее ухо, органы обоняния в парных обонятельных капсулах, орган вкуса (вкусовые почки) в ротовой полости и на губах. Боковая линия — орган, воспринимающий направление перемещения воды, ее давление и силу потока. Осязательные клетки разбросаны по всему телу.

Размножение. Раздельнополые животные. У самок яичник непарный (закладывается как парный, но сливается на ранних этапах онтогенеза); яичник заполнен икринками — яйцами. У самцов парные семенники — молоки, в которых развиваются

сперматозоиды. Оплодотворение наружное. В период нереста самки откладывают икру, самцы изливают на нее семенную жидкость со сперматозоидами.

Развитие. Оплодотворенная яйцеклетка (икринка) делится, проходя стадии бластулы, гаструлы, затем (на 9–14-й день) образуется личинка. Личинка покидает оболочку икринки и начинает самостоятельную жизнь, питаясь планктоном. Из личинки развивается малек.

Таблица 89. Сравнительная характеристика классов рыб*

Признак	Класс Хрящевые рыбы	Класс Костные рыбы
Основные отряды	Акулы, скаты	Осетровые, сельдеобразные, карпообразные, двоякодышащие, кистеперые. (Подавляющее большинство рыб.)
Скелет	Хрящевой (иногда частично обызвествленный)	Костный в различной степени. К позвонкам прикреплены ребра
Хорда	Значительные остатки хорды сохраняются между позвонками или в виде стержня, проходящего в позвоночнике	Незначительные остатки сохраняются в промежутках между позвонками. (Хорошо развитая хорда сохраняется только у примитивных групп данного класса.)
Чешуя	Плакоидная; в ее образовании участвует и дерма, и эпидермис. Сама дентиновая пластинка с зубцом образована дермой, а эмалевый чехлик, покрывающий зубец, является производным эпидермиса	Строение чешуи упрощено. Она костная и представляет собой тонкие костные пластинки, образующиеся только за счет дермы

* Ряд авторов иначе подходит к классификации рыб: всех рыб объединяют в класс, а в нем выделяют различное число подклассов (подклассы хрящевых, цельноголовых, двоякодышащих, костных рыб). При этом отряд может быть поднят до ранга подкласса (двоякодышащие); различным образом могут выделяться надотряды и несистематические группы. Однако для абитуриента эти нюансы систематики не принципиальны.

Продолжение табл. 89

Признак	Класс Хрящевые рыбы	Класс Костные рыбы
Жабры	Жаберные пластины, прикрепленные к жаберным дугам. 5–7 пар жаберных щелей, открывающихся на поверхности тела самостоятельными отверстиями. Жаберные крышки отсутствуют	Жаберные лепестки и тычинки, прикрепленные к четырем жаберным дугам. Покрыты жаберными крышками
Механизм дыхания	Несовершенен, так как не способны активно заглатывать воду. Она поступает за счет того, что эти рыбы постоянно плавают с открытым ртом	Более совершенен, так как вода активно заглатывается
Положение парных плавников	Горизонтальное	Негоризонтальное, вдоль туловища
Форма хвостового плавника	Неравнолопастный — с большой верхней и малой нижней лопастями, расположен вертикально	Как правило, внешне равнолопастный, расположен вертикально
Положение рта	На брюшной стороне (в связи с тем, что передняя часть головы вытянута в удлиненное рыло)	На передней части головы
Брызгальца	Хорошо развиты, расположены за глазами	У большинства видов отсутствуют
Плавательный пузырь	Отсутствует	Имеется у большинства видов
Особенности строения кишечника	В кишечнике имеется спиральный клапан. Кишечник заканчивается клоакой	У подавляющего большинства видов спиральный клапан отсутствует (имеется лишь у самых примитивных). В начальной части тонкого кишечника имеются слепые выросты — пилорические придатки, увеличивающие всасывающую поверхность. Кишечник открывается наружу анальным отверстием

Окончание табл. 89

Признак	Класс Хрящевые рыбы	Класс Костные рыбы
Артериальный конус в сердце	Имеется	Как правило, отсутствует. (Сохраняется только у примитивных групп класса.) Вместо него развивается луковица аорты
Особенности строения выделительной системы	Моча выводится в клоаку	Моча выводится наружу через мочевое отверстие. (Клоака имеется лишь у незначительного числа видов.)
Оплодотворение	Внутреннее	Наружное
Особенности размножения	Самки откладывают немногочисленные крупные яйца в роговой оболочке. Многим видам свойственно яйцеживорождение и живорождение	Самки выметывают огромное число мелких икринок. Внутреннее оплодотворение и живорождение свойственны немногим видам

Таблица 90. Сравнительная характеристика основных отрядов класса Костных рыб

Название отряда, представители, местообитание, значение	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Осетровые (белуга, севрюга, осетры, стерлядь). Моря и пресные водоемы; большинство — проходные рыбы. Ценные промысловые рыбы, дающие высококачественное мясо и черную икру	1. Древние костные рыбы, поэтому наряду с особенностями строения, свойственными костным рыбам, имеются и черты сходства с хрящевыми рыбами: имеется рыло, рот в виде поперечной щели, расположен на брюшной стороне тела, есть брызгальце. Грудные и брюшные плавники расположены горизонтально, хвостовой плавник неравнолопастный. 2. Жаберные крышки имеются. 3. Чешуя костная, в виде пяти рядов ромбических пластинок («жучек»)	1. Имеются следующие черты сходства с хрящевыми рыбами: хорда сохраняется всю жизнь; скелет в основном хрящевой, тела позвонков не развиты; желудочек сердца переходит в артериальный конус; в кишке имеется спиральный клапан. 2. В черепе имеются накладные и хондральные кости. 3. Плавательный пузырь имеется, соединен с пищеварительной системой. 4. Икра мелкая, многочисленная. 5. Оплодотворение наружное

Продолжение табл. 90

Название отряда, представители, местообитание, значение	**Особенности внешнего строения**	**Особенности внутреннего строения**
Сельдеобразные (сельдь, тюлька, килька, сардина). Имеют большое значение в рыбном промысле — на их долю приходится более 20% всего мирового улова. Стайные рыбы	1. Плавники имеют мягкие лучи, без колючек. 2. Спинной плавник один, в средней части спины, брюшные — в средней трети брюха. 3. Боковая линия тела прободает лишь 2–5 чешуй (вблизи головы)	1. Плавательный пузырь сохраняет связь с кишечником. 2. Зубы слабые или отсутствуют. 3. Икра многочисленная
Лососеобразные (кета, горбуша, семга, форель, сиг, хариус). Семейство, близкое к сельдеобразным. Проходные и пресноводные рыбы, реже — морские. Дают высококачественное мясо и красную икру	1. В плавниках нет колючих лучей. 2. Чешуя не имеет зубчиков. 3. Многим свойствен «брачный наряд», связанный с избыточным синтезом гормонов при созревании икры и молок	1. По ряду признаков примитивнее сельдей: скелет не полностью окостеневает, второй спинной плавник не имеет лучей (жировой плавник). 2. Плавательный пузырь соединен с пищеварительной системой. 3. Боковая линия выражена хорошо
Трескообразные (треска, пикша, минтай, навага, сайда, хек, налим). Морские холодолюбивые рыбы; лишь один пресноводный вид — налим. В мировом улове составляют около 15% и уступают только сельдеобразным	1. Как правило, не имеют колючих лучей в плавниках. 2. По краю чешуи зубчиков нет. 3. Брюшные плавники под грудными или даже впереди них. 4. Многие имеют усик на подбородке	1. Плавательный пузырь не имеет связи с кишечником. 2. Плечевой пояс прикреплен к черепу
Окунеобразные (окунь, ерш, судак, колюшка). Самый многочисленный отряд рыб. Морские и пресноводные	1. В плавниках имеются колючие нечленистые лучи. 2. Жирового плавника нет. 3. Брюшные плавники под грудными. 4. По краю чешуи имеются зубчики	Плавательный пузырь не имеет связи с кишечником (или вовсе отсутствует)

Продолжение табл. 90

Название отряда, представители, местообитание, значение	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Карпообразные (карась, плотва, лещ, линь, язь, сазан (и его домашняя форма — карп), сом, толстолобик, белый амур, пиранья). В основном пресноводные. Имеют большое промысловое значение. Многих разводят в прудовых хозяйствах	Чешуя без зубчиков или тело голое	1. Плавательный пузырь сохраняет связь с кишечником. 2. Всем видам свойствен веберов аппарат, улучшающий слух: специальная цепочка костей соединяет плавательный пузырь (действующий как резонатор) с внутренним ухом. 3. Некоторым видам свойственны глоточные зубы, расположенные на внутренней стороне жаберных дуг
Двоякодышащие (в настоящее время сохранились лишь единичные представители: рогозуб, лепидосирены, протоптеры). Древние рыбы, ранее широко распространенные по земному шару	1. Лопасти парных плавников мясистые и могут служить опорой для передвижения по дну. 2. При пересыхании водоемов некоторые виды впадают в летнюю спячку	1. Черты примитивного строения: тела позвонков не развиваются, имеется неокостеневшая упругая хорда, есть артериальный конус в сердце и спиральный клапан в кишечнике. 2. Дыхание жаберное и легочное (при помощи легких, развивающихся из плавательного пузыря). 3. В предсердии появляется неполная перегородка, т. е. намечается образование трехкамерного сердца*. 4. Дышат при закрытом рте, через ноздри, которые открываются в ротовую полость через свои внутренние отверстия — хоаны (как у сухопутных позвоночных). 5. Вместо зубов имеются массивные пластинки для дробления пищи

* Эта неполная перегородка подразделяет предсердие на правую и левую половины. В правую впадают вены, собирающие кровь со всего тела, а в левую — легочная вена, идущая от легких. Таким образом, возникла основа для формирования двух кругов кровообращения: сердце — легкие — сердце и сердце — все тело— сердце.

Окончание табл. 90

Название отряда, представители, местообитание, значение	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Кистеперые (древние, почти полностью вымершие рыбы. В настоящее время представлены одним видом — латимерией*). Придонная полуглубоководная рыба, держащаяся среди подводных скал вблизи Коморских островов (Индийский океан)	1. Лопасти парных плавников массивные, мясистые. 2. Хвостовой плавник трехраздельный. 3. Мощная чешуя синего цвета своеобразного строения, состоящая из четырех слоев	1. Черты примитивного строения латимерии: тела позвонков не развиваются; дуги, защищающие спинной мозг, окостеневают только с поверхности; имеется неокостеневшая упругая хорда; сердце примитивно — в виде изогнутой трубки, имеется артериальный конус; в кишечнике имеется спиральный клапан. 2. Дыхание только жаберное (вымершим древним формам было свойственно и жаберное, и легочное). 3. Хоан нет (были свойственны древним вымершим формам). 4. Плавательный пузырь редуцирован до размеров маленькой трубки и для дыхания не приспособлен. 5. В основании парных плавников имеется мясистая лопасть, внутри которой находится расчлененный скелет, напоминающий скелет конечности наземных позвоночных. 6. Глаза приспособлены для жизни в темноте — сетчатка содержит много палочек и ничтожное количество колбочек, глаза «светящиеся». 7. Свойственно яйцеживорождение

* Считалось, что данная группа вымерла 70 млн лет назад. Представитель этого отряда впервые был выловлен в 1938 г. у берегов Южной Африки. Описавший этот вид крупный ихтиолог Дж. Д. Б. Смит назвал его латимерией в честь директора местного краеведческого музея мисс Куртенэ-Латимер, которой рыбаки доставили эту рыбу. Она оценила научное значение доставленной ей находки и передала ее Смиту для изучения.

Экология рыб

Наиболее древние позвоночные животные, господствующие как в морских, так и в пресных водоемах, включая горячие источники и подземные пещерные озера. Одни рыбы обитают у поверхности, другие — в толще воды, третьи — у дна, что нашло отражение в форме их тела: она бывает обтекаемой или уплощенной, окраска также зависит от среды обитания: она может быть маскировочной или очень яркой — красной, золотистой, серебряной. Питаются рыбы растительными кормами, беспозвоночными и позвоночными животными. Хищные представители охотятся за более мелкими рыбами, нередко своего же вида, часто поедают икру. В пищевых цепях морей рыбы составляют главную кормовую базу для млекопитающих — моржей, тюленей, котиков, зубастых китов. Кроме того, в пресных водах ими кормятся выдра, норка, а также некоторые крупные хищники — волки, медведи. Рыбы служат пищей для медуз, головоногих моллюсков, ракообразных, иглокожих. Трупы рыб поедаются раками и разлагаются гнилостными бактериями. Рыб и их икру потребляют земноводные, пресмыкающиеся (змеи, ужи, крокодилы), водоплавающие птицы. Рыбы могут быть промежуточными хозяевами некоторых сосальщиков и ленточных паразитических червей. Такие рыбы, как акулы, скаты, бычки-подкаменщики, опасны для человека. В настоящее время запасам рыб в нашей стране нанесен большой урон, что связано с нарушением мест их нереста, загрязнением водоемов, сокращением убежищ для молоди и в целом кормовой базы. При строительстве гидроузлов и водохранилищ на Волге в плотинах сооружались рыбоподъемники, рыбопропускники, но этого оказалось недостаточно: в отравленных стоками водах Волги рыбы практически не осталось.

В стране проводятся мероприятия по охране рыб: регулируется количество улова, соблюдается сезонность вылова, регламентируются орудия лова, запрещено применение взрывчатых веществ. Для воспроизводства ценного поголовья рыб их искусственно разводят на рыбоводных заводах с последующим выпуском в естественные водоемы. Кроме того, рыбоводческие хозяйства разводят карпа, форель, толстолобика, белого амура. В Красную книгу внесено 9 видов рыб.

ТЕМА. Класс Земноводные

Общая характеристика класса. Лягушка. Особенности среды обитания. Внешнее строение. Скелет и мускулатура. Особенности строения внутренних органов и процессов жизнедеятельности. Нервная система и органы чувств. Размножение и развитие. Многообразие земноводных и их значение. Происхождение земноводных.

Общие указания. Появление в девонском периоде палеозойской эры класса земноводных (амфибий) — крупный шаг на пути эволюции позвоночных, так как его представители — стегоцефалы первыми из позвоночных вышли на сушу. Это сыграло большую роль в усложнении строения всех систем органов. Впервые скелет стал выполнять опорно-двигательную функцию без какой-либо поддержки извне, что привело к формированию длинных трубчатых костей, из которых состоят конечности наземных животных. С появлением трубчатых костей возник дополнительный кроветворный орган — красный костный мозг. Клетки крови образуются уже не только в селезенке, почках, печени, кровяном русле, но и в красном костном мозге.

В процессе последующего развития позвоночных красный костный мозг станет главным кроветворным органом.

В связи с наземным существованием у земноводных усложняется система кровообращения: появляется второй круг — легочный. Это, в свою очередь, приводит к усложнению строения сердца, которое становится трехкамерным. Но кровь, смешиваясь в желудочке, доставляет к клеткам тела мало кислорода, поэтому кислородный этап дыхания (III этап диссимиляции) дает небольшой эффект: энергии выделяется немного, ее хватает лишь на процессы жизнедеятельности. Тепловая же энергия настолько мала, что температура крови и тела зависит от температуры окружающей среды. Поэтому земноводные активны только в теплое время года, в холодный же период они впадают в оцепенение.

Однако наряду с признаками высокой организации (ароморфозами) у земноводных есть и признаки примитивности. Их ранние стадии развития — икринки, личинки (головастики), обитающие в водной среде, имеют много общего с ранними стадиями развития ланцетника и рыб, что ярко иллюстрирует биогенетический закон Мюллера — Геккеля. Свое название эти животные получили потому, что обязательным условием их жизни является обитание в двух средах: личиночная стадия — в воде, поло-

возрелая — на суше. На примере земноводных — первых наземных животных — наиболее подробно изучают главнейшие системы органов и их функции, что даст возможность хорошо усвоить аналогичный материал по другим классам животных.

Класс подразделяют на отряды: безногие, хвостатые и бесхвостые.

Задание 42

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 48.
- Дать подписи к рисункам 94, 96.
- Проанализировать конспект, рисунок 95 и схему 53.

Вопросы для самоконтроля

- Какой период жизненного цикла земноводные проводят в воде и какой — на суше?
- Из каких частей состоит тело лягушки?
- Какие особенности имеет кожа лягушки?
- На какие отделы можно подразделить скелет лягушки?
- Какие кости входят в пояс передних конечностей?
- Какие кости входят в пояс задних конечностей?
- Как прикрепляются пояса конечностей к позвоночнику?
- Какие мышцы лягушки наиболее развиты?
- На какие части можно разделить переднюю и заднюю конечности лягушки и какие кости находятся в каждой из них?
- Чем питаются лягушки и как они захватывают добычу?
- Каковы особенности строения пищеварительного тракта лягушки?
- Как устроено сердце лягушки?
- Какие кровеносные сосуды впадают в левое и правое предсердия?
- Какую кровь несет полая вена и какую — легочная вена?
- Какие сосуды выносят кровь из желудочка в головной мозг?
- Какая кровь идет по легочной артерии и куда она впадает?
- Какая кровь идет по аорте?
- Где смешивается кровь у земноводных, в каких частях тела она обогащается O_2 и насыщается CO_2?
- Почему земноводные имеют температуру тела окружающей среды, а не свою собственную?
- Как меняются органы дыхания в процессе жизненного цикла лягушки?
- Каково происхождение жабр и легких в процессе филогенеза и онтогенеза?
- Какую роль у лягушки играют мочевой пузырь и кожа?
- Из чего образуется клоака, что в нее впадает?
- Что входит в состав внутреннего и среднего уха у лягушки?
- Как происходит процесс размножения и развитие зародыша у лягушки?
- Какой экологический фактор определяет распространение земноводных?

Контрольная работа № 48

1. Из каких отделов состоит позвоночник лягушки (шейный, грудной, туловищный, поясничный, крестцовый, хвостовой)?
2. Имеется ли в телах позвонков земноводных канал для спинного мозга (да, нет)?
3. Имеется ли грудная клетка у лягушки (да, нет)?
4. Из каких костей состоит череп лягушки (две затылочные, две лобно-теменные, глазницы, жаберные дуги, жаберные крышки)?
5. Какие кости находятся в предплечье у лягушки (локтевая, лучевая, кость предплечья)?
6. Какие кости составляют голень у лягушки (большая берцовая, малая берцовая, кость голени)?
7. Как называется отдел пищеварительной трубки, в который впадают протоки печени и поджелудочной железы у земноводных (пищевод, желудок, тонкая кишка, толстая кишка, двенадцатиперстная кишка)?
8. Из каких камер состоит сердце земноводных (предсердие, левое предсердие, правое предсердие, левый желудочек, правый желудочек, желудочек)?
9. Какая кровь течет по легочной вене (венозная, артериальная, смешанная)?
10. Какие функции выполняет мочевой пузырь у лягушки (собирает мочу, запасает воду)?
11. Какой отдел головного мозга земноводных получил большее развитие по сравнению с рыбами (передний, средний, промежуточный, продолговатый, мозжечок)?
12. Какие органы характерны для личиночной стадии лягушки (боковая линия, хвост, жабры, легкие, хорда, позвоночник, конечности)?

Класс Земноводные. Лягушка

Строение тела. Тело подразделяется на голову и туловище. Голова, утолщенная, с большой ротовой щелью, выпуклыми глазами, сзади которых две округлые барабанные перепонки. Пара наружных ноздрей, закрытых клапанами, с ними связаны внутренние ноздри — хоаны. Шея почти не выражена. Туловище уплощено в спинно-брюшной плоскости и соединено с головой подвижно. Каждая передняя конечность состоит из плеча, предплечья и четырехпалой кисти; задняя — из бедра, голени и пятипалой стопы с плавательными перепонками.

Покров. Кожа голая, с многоклеточными железами, постоянно увлажненная.

Скелет. Череп представлен костями черепной коробки и челюстными костями. Позвоночник состоит из одного шейного, семи туловищных, одного крестцового позвонка и хвостовой кости. Ребер и грудной клетки нет. Плечевой пояс представлен парными костями — лопатками, ключицами, вороньими костями и непарной костью грудины. Пояс задних конечностей состоит из парных подвздошной, седалищной и лобковой костей, образующих таз. Свободные конечности: передние включают плечевую, сросшиеся локтевую и лучевую кости, кости запястья, пясти и фаланги пальцев; задние — бедренную, сросшиеся большую и малую берцовые кости, кости предплюсны, плюсны и фаланги пальцев.

Мышцы. Хорошо развиты в связи со способностью плавать и прыгать. Это мышцы ягодичные, бедренные (двуглавая и трехглавая), икроножные.

Пищеварительная система. Ротовое отверстие, ротовая полость с мелкими зубами на верхней челюсти и протоками слюнных желез. Язык двураздельный, прикреплен передним концом к нижней челюсти и легко выбрасывается за добычей. Далее идет пищевод, желудок, кишечник, состоящий из двенадцатиперстной кишки (куда впадают протоки печени и поджелудочной железы) и тонкой кишки, прямая кишка, заканчивающаяся расширением — клоакой. Весь кишечник подвешен на особых складках брюшины — брыжейке. Лягушка захватывает пищу языком, челюстями или передними лапами.

Дыхательная система. Парные легкие, имеющие тонкие ячеистые стенки, пронизанные кровеносными капиллярами, где происходит газообмен. Дыхательные пути: ноздри, ротовая полость, гортань, легкие. Важную роль играет кожное дыхание, поэтому кожа всегда увлажнена. Воздух нагнетается в легкие ротоглоточной полостью (т. е. лягушка «заглатывает» воздух).

Кровеносная система. Состоит из трехкамерного сердца (два предсердия и один желудочек) и сосудов. Два круга кровообращения — большой и малый (легочный). Оба круга кровообращения начинаются от желудочка, в результате сокращения которого кровь разного состава поступает в три разные артерии. Первой при сокращении желудочка из него выталкивается порция венозной крови, которая попадает в кожные и легочные артерии, затем в легкие и кожу, где становится артериальной; из легких кровь поступает в легочные вены и возвращается в левое предсердие — это малый круг кровообращения. Второй при сокращении желудочка выталкивается порция смешанной крови. Она выталкивается в аорту, затем по артериям движется ко всем

органам тела и возвращается по венам, приносящим венозную кровь в правое предсердие. Часть венозной крови поступает в кожу, где происходит газообмен в процессе кожного дыхания. Обогащенная кислородом кровь возвращается в вены (что делает кровь менее венозной), впадающие также в правое предсердие. Это большой круг кровообращения. Третьей порцией при сокращении желудочка сердца артериальная кровь выталкивается в сонные артерии, ведущие к головному мозгу. От мозга уже венозная кровь возвращается по яремным венам, впадающим в передние полые вены. Полые вены несут кровь в правое предсердие. Кроветворным органом является красный костный мозг, где образуются форменные элементы крови — эритроциты, лейкоциты, тромбоциты. Имеется селезенка.

Выделительная система. Парные туловищные почки, мочеточники, клоака, мочевой пузырь. В почках кровь освобождается от избытка воды, солей, мочевины, в результате чего образуется моча, стекающая по мочеточнику в клоаку, а затем в мочевой пузырь. И в канальцах, и в мочевом пузыре происходит реабсорбция (обратное всасывание) воды, поэтому мочу (даже уже находящуюся в мочевом пузыре) можно рассматривать как резервуар воды на суше, например для увлажнения кожи. Накопившаяся моча через клоаку выводится наружу.

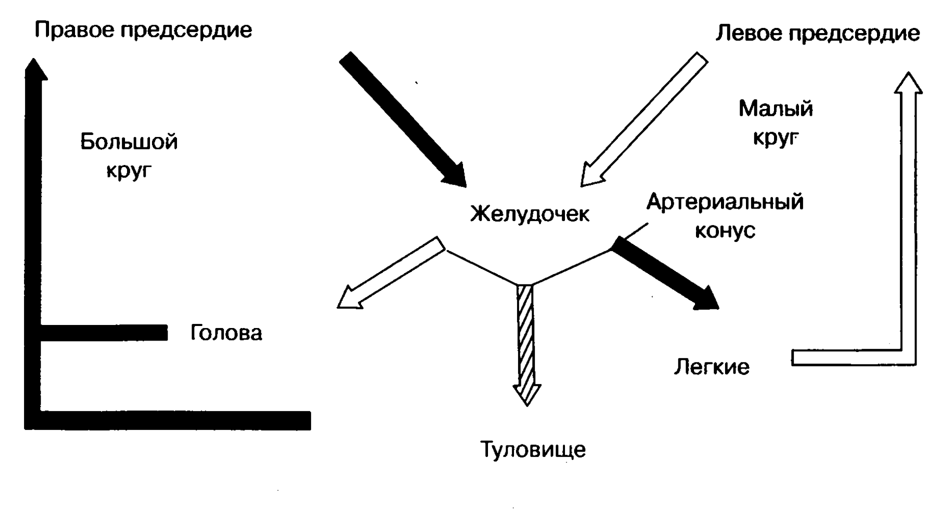
Нервная система. Головной и спинной мозг и нервы. Головной мозг состоит из пяти отделов: передний мозг (разделенный на два полушария), промежуточный, средний, продолговатый мозг и мозжечок (слаборазвитый). Спинной мозг заключен в спинномозговой канал позвоночника.

Органы чувств. Глаза, защищенные нижним и верхним веками; органы слуха, представленные средним и внутренним ухом. Орган слуха защищен костями черепа. В барабанную полость из ротовой полости открывается евстахиева труба. Органы обоняния сообщаются с внешней средой парными ноздрями. Вкусовые почки на языке, нёбе, челюстях. Брачные призывы издают только самцы.

Размножение. Раздельнополые животные. У самки парные яичники, у самцов семенники. Оплодотворение наружное, в воде. Самкой выделяется икра (яйцеклетки), которая похожа на икру рыб, самцы выпускают на нее жидкость со сперматозоидами. Оплодотворенные яйца покрываются слизью.

Развитие. С превращением. Из яйца через 2 недели вылупляется личинка лягушки — головастик, похожий на рыбу. Через 2–3 месяца он превращается в лягушку.

Схема 53. Кровообращение земноводных (амфибий)*





* Кожный газообмен в схему не включен!

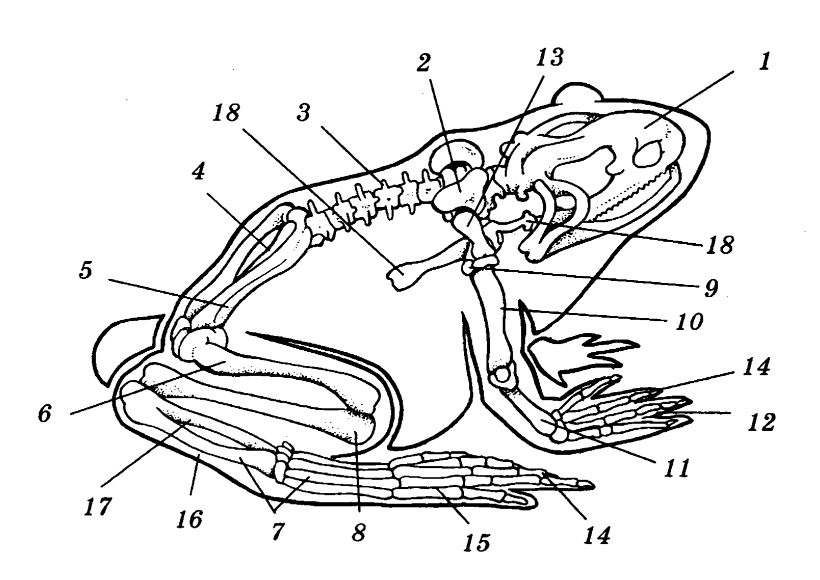


Рис. 94. Скелет лягушки

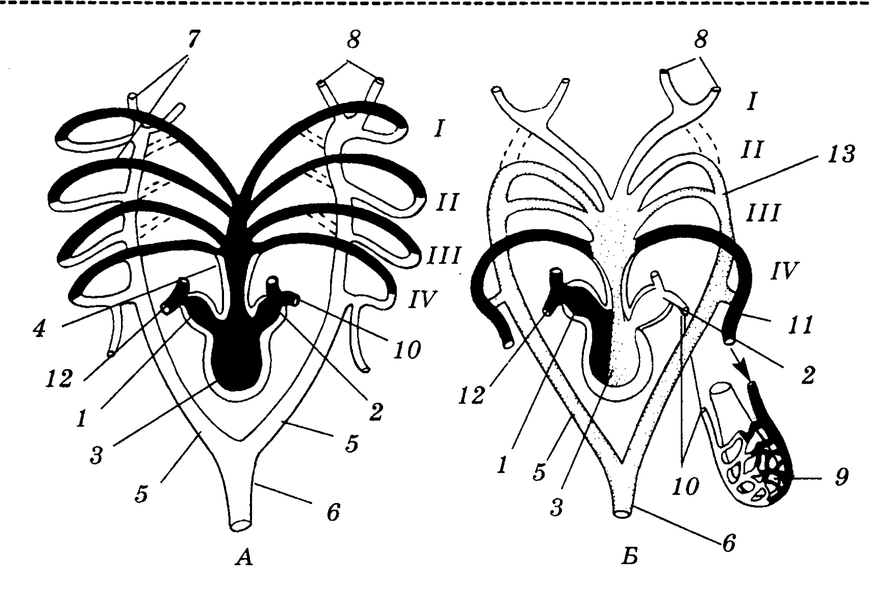


Рис. 95. Кровообращение у земноводных:
А — головастик (личинка с одним кругом кровообращения), *Б* — взрослая особь (с двумя кругами кровообращения); *I, II, III, IV* — артериальные дуги жаберных артерий; 1 — правое предсердие, *2* — левое предсердие, *3* — желудочек, *4* — артериальный конус, *5* — корни аорты, *6* — спинная аорта, *7* — жабры, *8* — сонные артерии, *9* — легкие, *10* — вены, приносящие артериальную кровь из легких, *11* — легочные артерии, приносящие венозную кровь из сердца, *12* — вены, приносящие венозную кровь из всего тела, *13* — сросшиеся артериальные *II* и *III* дуги. Венозная кровь обозначена черным цветом, артериальная — белым, смешанная — заточкована

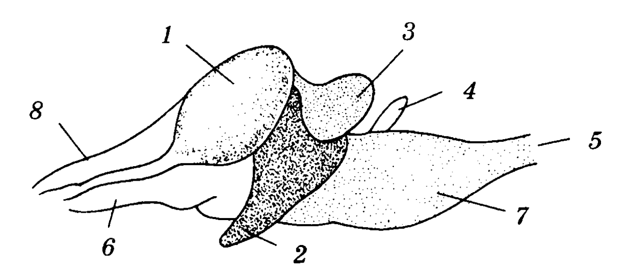


Рис. 96. Мозг лягушки

Экология земноводных

Первые наземные позвоночные животные, большинство которых живет на суше, а размножается в воде. Это влаголюбивые животные, что и определяет среду их обитания. Живущие в воде тритоны и саламандры, вероятнее всего, когда-то завершили свой жизненный цикл на стадии личинки и в этом состоянии достигли половой зрелости. Наземные животные — лягушки, жа-

бы, квакши, чесночницы — живут не только на почве, но и на деревьях (квакша), в песках пустыни (жаба, чесночница), где они активны только ночью, а икру откладывают в лужи и временные водоемы, да и то не каждый год. Земноводные питаются насекомыми и их личинками (жуками, комарами, мухами), а также пауками. Они едят моллюсков (слизней, улиток), мальков рыб. Особенно полезны жабы, поедающие ночных насекомых и слизней, малодоступных для птиц. Травяные лягушки питаются садовыми, лесными и полевыми вредителями. Одна лягушка за лето может съесть примерно 1200 вредных насекомых. Сами земноводные являются пищей для рыб, птиц, змей, ежей, норки, хорька, выдры. Ими кормят птенцов хищные птицы. Жабы и саламандры, имеющие на коже ядовитые железы, млекопитающими и птицами не поедаются. Зимуют земноводные в укрытиях на суше или в мелководных водоемах, поэтому бесснежные холодные зимы вызывают их массовую гибель, а загрязнение и высыхание водоемов приводит к гибели потомства — икры и головастиков. Земноводных надо охранять. В Красную книгу внесено 9 видов представителей этого класса.

ТЕМА. Класс Пресмыкающиеся

Общая характеристика класса. Ящерица прыткая. Среда обитания. Внешнее строение. Особенности внутреннего строения. Размножение. Регенерация. Многообразие современных пресмыкающихся. Отряд Чешуйчатые. Отряд Черепахи. Древние пресмыкающиеся: динозавры, зверозубые ящеры. Происхождение пресмыкающихся.

Задание 43

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 49.
- Проанализировать конспект, рисунок 98, схему 54 и таблицу 91.
- Дать подписи к рисункам 97, 99.

Вопросы для самоконтроля

- С какой особенностью строения тела связано название класса пресмыкающиеся?
- Из каких частей состоит тело пресмыкающихся и каково расположение их конечностей?
- Чем покрыто тело пресмыкающихся и с чем связана их линька?
- В чем принципиальное отличие пресмыкающихся от земноводных?

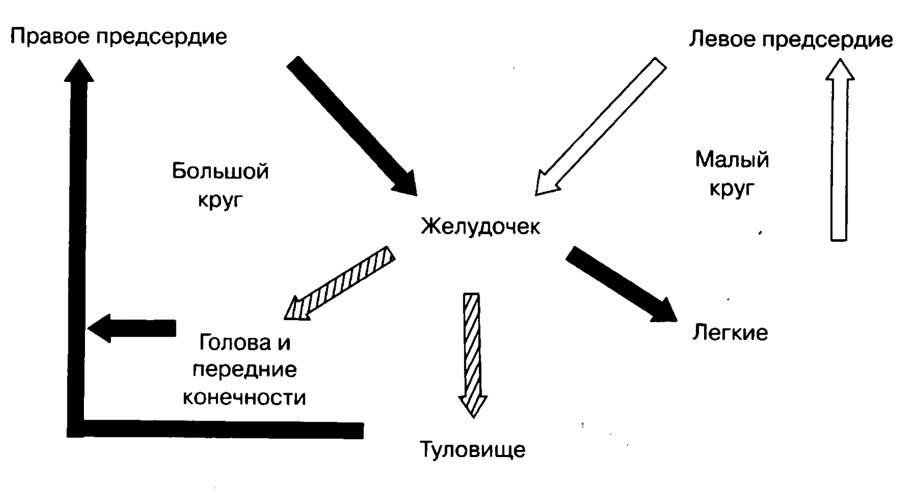
- Что общего в строении тела и скелета у земноводных и пресмыкающихся?
- Какие животные были наиболее вероятными предками пресмыкающихся?
- Какие изменения произошли в костях конечностей у пресмыкающихся?
- Какую роль играет грудная клетка у пресмыкающихся, все ли ее имеют?
- Какие органы редуцировались у змей в связи с их образом жизни?
- Сравните строение и функции кожи у лягушки и ящерицы.
- Какие части тела регенерируют у пресмыкающихся?
- Чем питаются ящерицы и как они добывают пищу?
- Какое влияние на строение сердца оказал переход пресмыкающихся только к легочному дыханию?
- Где начинается и заканчивается малый и большой круги кровообращения у ящерицы?
- Где происходит оплодотворение у пресмыкающихся?
- Чем отличаются яйца пресмыкающихся от икры рыб, земноводных?
- Чем отличается яйцерождение от яйцеживорождения?
- Какой фактор в цикле развития пресмыкающихся является ароморфозом?
- Где вырабатывается яд у змей?
- Как добывают пищу питон, гюрза, гадюка, удав?
- Каково значение змеиного яда для самих змей и в медицине?
- Как добывают змеиный яд?
- В какой геологической эпохе (эра, периоды) господствовали пресмыкающиеся?
- Почему вымерли гигантские пресмыкающиеся?
- Какой экологический фактор определяет местообитание современных пресмыкающихся?
- Каково эволюционное значение древних пресмыкающихся, обитавших в воде, на суше, в воздухе?

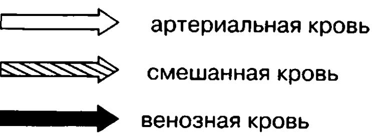
Контрольная работа № 49

1. Из каких частей состоит тело пресмыкающихся (голова, шея, туловище, конечности, хвост)?
2. Какие кости составляют предплечье ящерицы (кость предплечья, локтевая, лучевая)?
3. Какие кости составляют голень ящерицы (кость голени, большая берцовая, малая берцовая)?
4. Сколько пар ребер, срастаясь с грудиной, образуют грудную клетку ящерицы (5, 7, 11)?
5. Какие отделы позвоночника ящерицы подвижные (шейный, грудной, поясничный, крестцовый, хвостовой)?
6. Протоки каких желез и каких органов впадают в клоаку (печень, поджелудочная железа, мочеточники, половые железы, кишечник)?

7. Какие системы органов участвуют в процессе дыхания ящерицы (кожа, жабры, легкие)?
8. У каких пресмыкающихся в желудочке сердца имеется полная перегородка (змеи, ящерицы, черепахи, крокодилы)?
9. Сколько сосудов выходит от желудочка сердца у пресмыкающихся (1, 2, 3)?
10. Какую кровь несет легочная артерия (артериальную, венозную, смешанную)?
11. Какую кровь несет правая дуга аорты (артериальную, венозную, смешанную)?
12. Какая кровь движется по левой дуге аорты к клеткам тела (артериальная, венозная, смешанная)?
13. Какие условия необходимы для выведения из яиц детенышей у яйцекладущих пресмыкающихся (вода, свет, тепло, мягкий субстрат, воздух)?
14. Какое приспособление в размножении некоторых пресмыкающихся продвинуло их в северные широты (толстая скорлупа яиц, богатство желтком, кожистая оболочка яиц, живорождение)?
15. Почему у крокодилов, имеющих четырехкамерное сердце, кровь «холодная» (осталось в перегородке отверстие, левая и правая дуги аорты сливаются в спинную аорту)?

Схема 54. Кровообращение пресмыкающихся (рептилий)





Класс Пресмыкающиеся. Прыткая ящерица

Строение тела. Тело подразделяется на голову, шею, туловище и хвост. Части конечностей те же, что и у лягушки, но пятипалые, без перепонок, с когтями на концах пальцев.

Покров. Кожа сухая, с роговыми чешуйками, которая периодически сбрасывается по мере роста животного.

Скелет. Состоит из черепа, позвоночника, передних и задних конечностей. Шейный отдел позвоночника состоит из восьми позвонков. Пояснично-грудной отдел состоит из 22 позвонков, несущих ребра; пять ребер сочленены с грудиной, в результате чего образуется грудная клетка. Имеется также два крестцовых позвонка и несколько десятков хвостовых. Хвостовые позвонки способны разламываться и отделять хвост. Кости конечностей те же, что и у лягушки, но кости локтевая и лучевая, а также большая и малая берцовые не срастаются.

Мышцы. Более развиты, чем у лягушки. Существенным отличием является наличие межреберных мышц, обеспечивающих дыхательные движения.

Пищеварительная система. Включает рот, зубы, глотку, пищевод, желудок, тонкую кишку, толстую кишку, клоаку. В двенадцатиперстную кишку открываются протоки печени и поджелудочной железы. В ротовую полость впадают протоки слюнных желез.

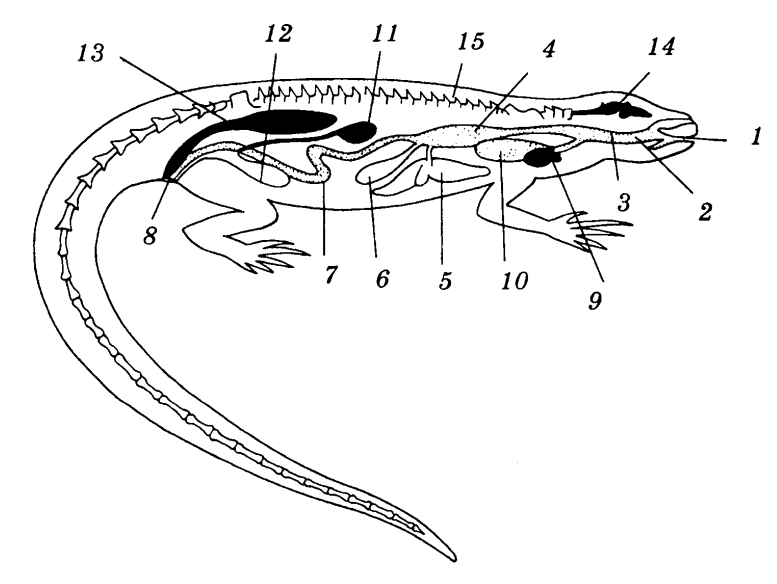


Рис. 97. Схема строения ящерицы

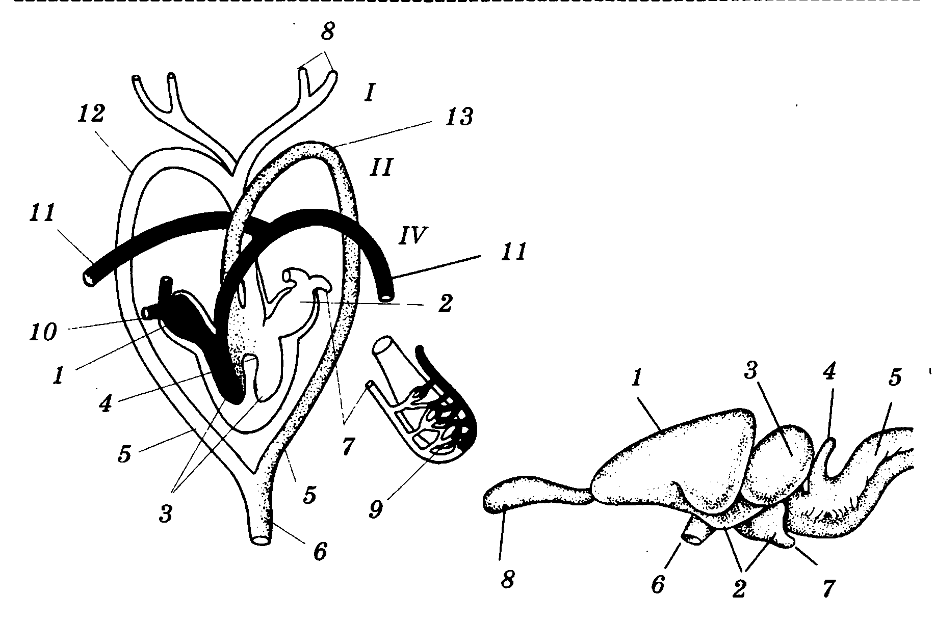


Рис. 98. Кровообращение у пресмыкающихся:
I, II, IV — артериальные дуги; *1* — правое предсердие, *2* — левое предсердие, *3* — желудочек, *4* — неполная перегородка в желудочке, *5* — корни аорты, *6* — спинная аорта, *7* — вены, приносящие артериальную кровь из легких, *8* — сонные артерии, *9* — легкие, *10* — вены, приносящие венозную кровь из всего тела, *11* — легочные артерии, приносящие венозную кровь из сердца, *12* — правая дуга аорты, несущая артериальную кровь из левой части желудочка, *13* — левая дуга аорты, несущая смешанную кровь из середины желудочка. Венозная кровь показана черным цветом, артериальная — белым, смешанная — заточкована

Рис. 99. Головной мозг ящерицы (*справа*)

Дыхательная система. Носовые отверстия, гортань, трахея, два бронха, парные легкие, имеющие ячеистое строение. Кожного дыхания нет. В дыхательных движениях участвует грудная клетка.

Кровеносная система. Сердце трехкамерное, но в желудочке имеется зачаток перегородки, что препятствует полному смешиванию крови. Легочная артерия отходит от правой стороны желудочка и несет в легкие венозную кровь. Сонные артерии — разветвления правой дуги аорты, которая отходит от левой стороны желудочка и несет артериальную кровь в головной мозг. Левая дуга аорты отходит от средней части желудочка и несет смешанную кровь. Левая и правая дуги аорты сливаются, образуя спинную аорту, поэтому артериальная кровь соединяется со смешанной. Спинная аорта несет эту кровь ко всем органам тела. Венозная кровь возвращается из головы по яремным венам;

из других частей тела — по хвостовым, тазовым, брюшной венам, воротным венам печени и почек. Соединяясь, вены образуют передние и задние полые вены, впадающие затем в правое предсердие. Имеется два круга кровообращения.

Выделительная система. Почки тазовые, от них отходят мочеточники. Моча выводится в клоаку, затем в мочевой пузырь, где накапливается, после чего через клоаку выводится наружу.

Нервная система. Центральная, включающая головной и спинной мозг, и периферическая, представленная нервами, отходящими от головного и спинного мозга. Головной мозг состоит из пяти отделов; полушария переднего мозга более крупные, на их поверхности формируется кора. В промежуточном мозге имеется гипофиз и эпифиз, а также теменной орган, формирующий третий глаз. Мозжечок хорошо развит. В продолговатом мозге находятся жизненно важные центры (дыхания, сокращения сердца).

Органы чувств. Глаза защищены тремя веками. Органы слуха сходны с органами слуха земноводных, но барабанная перепонка расположена в небольшом углублении. Орган осязания — выбрасывающийся язык. Орган обоняния находится в обонятельных капсулах; органы вкуса — вкусовые луковицы в глотке.

Размножение. У самок парные яичники, у самцов — семенники, их протоки открываются в клоаку. У самцов имеется копулятивный орган. Оплодотворение внутреннее. Оплодотворенное яйцо увеличивается в размере, покрывается пергаментной оболочкой и выводится наружу.

Развитие. Прямое. В мае—июне откладываются яйца (5–15 штук), из которых вскоре вылупляются маленькие ящерицы (яйцеживорождение).

Таблица 91. Класс Пресмыкающиеся

Таксоны	Подкласс Чешуйчатые			Подкласс Архозавры	Подкласс Анапсиды
	отряд Ящерицы	отряд Хамелеоны	отряд Змеи	отряд Крокодилы	отряд Черепахи
Конечности (пар)	2	2	Нет	2	2
Покров	Роговые чешуи	Роговые зернышки и бугорки	Роговые чешуи	Роговые щитки и костные пластинки	Костно-роговой панцирь

Окончание табл. 91

Таксоны	Подкласс Чешуйчатые			Подкласс Архозавры	Подкласс Анапсиды
	отряд Ящерицы	отряд Хамелеоны	отряд Змеи	отряд Крокодилы	отряд Черепахи
Грудная клетка	Имеется	Имеется	Нет	Имеется	Нет. Ребра срослись с панцирем
Сердце (камеры)	3	3	3	4	3
Легкие (число)	2	2	1	2	2
Ядовитые железы	Некоторые имеют	Нет	Имеют	Нет	Нет
Орудие добычи	Зубы	Язык	Зуб с ядовитыми железами. Удушение	Зубы	Роговой клюв
Размножение	Яйца и яйцеживорождение	Яйца и яйцеживорождение	Яйца и яйцеживорождение	Яйцерождение	Яйцерождение
Среда обитания	Суша	Суша	Суша, вода	Суша, вода	Суша, вода
Представители	Ящерицы, вараны, гекконы, агамы, игуаны	Хамелеон	Гадюка, уж, медянка, удав, питон, кобра, гюрза, анаконда	Аллигаторы, кайманы, гавиалы, крокодилы	Зеленая (суповая) черепаха, кожистая черепаха, болотная черепаха, среднеазиатская черепаха

Экология пресмыкающихся

Настоящие наземные животные, размножающиеся на суше. Обитают в странах с жарким климатом, и по мере удаления от тропиков их число заметно уменьшается. Ограничивающим фактором их распространения является температура, так как эти холоднокровные животные активны только в теплую пого-

ду, в холодную и жаркую они зарываются в норы, прячутся в укрытия или впадают в оцепенение. В биоценозах численность пресмыкающихся невелика и поэтому их роль мало заметна, тем более что они не всегда активны. Питаются пресмыкающиеся животной пищей: ящерицы — насекомыми, моллюсками, земноводными, змеи поедают многих грызунов, насекомых, но в то же время представляют опасность для домашних животных и человека. Растительноядные сухопутные черепахи наносят ущерб садам и огородам, водные — питаются рыбой и беспозвоночными. Мясо многих пресмыкающихся человек использует в пищу (змеи, черепахи, крупные ящерицы.) Крокодилы, черепахи и змеи истребляются ради кожи и рогового панциря, в связи с чем численность этих древних животных сильно сократилась. В США и на Кубе имеются фермы по разведению крокодилов. В Красную книгу включено 35 видов пресмыкающихся.

ТЕМА. Класс Птицы

Общая характеристика класса. Голубь. Среда обитания. Внешнее строение. Скелет и мускулатура. Полость тела. Особенности внутреннего строения и процессов жизнедеятельности. Нервная система и органы чувств. Поведение. Размножение и развитие. Сезонные явления в жизни птиц: гнездование, кочевки и перелеты. Происхождение птиц.

Приспособленность птиц к различным средам обитания. Птицы парков, садов, лугов и полей. Птицы лесов. Хищные птицы. Птицы болот и побережий водоемов. Птицы степей и пустынь. Роль птиц в природе и их значение в жизни человека. Роль заповедников и зоопарков в сохранении редких видов птиц. Привлечение птиц. Птицеводство.

Общие указания. Классы птиц и млекопитающих, являющиеся вершиной эволюции позвоночных, возникли независимо друг от друга. Уже в триасе от зверозубых ящеров отделились первые примитивные млекопитающие. В конце триаса — начале юры появились летающие ящеры. Птицеящеры (археоптериксы) дали начало птицам.

Первые млекопитающие и первые птицы заселяли не освоенные пресмыкающимися участки земли, что способствовало появлению у них приспособлений к более разнообразным экологическим условиям. А наличие таких конкурентов, как гигантские ящеры, способствовало совершенствованию нервной системы, органов чувств и поведения.

Изменение условий жизни на Земле — наступившее в конце мезозоя похолодание — выявило преимущества теплокровных животных — птиц и млекопитающих, которые стали господствовать в разных средах обитания — на суше, в воде, в воздухе. Одновременное появление теплокровности у этих классов можно рассматривать как признак конвергенции, возникший в сходных условиях среды.

Кайнозойская эра — эра господства птиц, млекопитающих, насекомых и покрытосеменных растений, которые не только связаны в цепи питания, но и взаимно определяют друг для друга условия жизни, размножения, распространения.

В связи с освоением птицами воздушной среды у них выработался ряд приспособительных к полету признаков — идиоадаптаций.

Задание 44

- Повторить имеющийся по данной теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 50.
- Дать подписи к рисункам 102, 103, рассмотреть схему 55.
- Проанализировать конспект и рисунки 100, 101, отметить идиоадаптации.
- Изучить таблицу 92.

Вопросы для самоконтроля

- Когда и от кого произошли птицы?
- Чем отличается класс птиц от других позвоночных животных?
- Из каких частей состоит тело птицы?
- Чем покрыто тело птицы?
- Какие типы перьев по строению и по функции различают у птиц?
- Какие железы находятся в коже птиц?
- Какие части скелета выделяют у птиц?
- Каковы особенности водоплавающих птиц?
- Сколько шейных позвонков бывает у птиц?
- Какая кость имеет киль и какова его роль?
- Чем отличаются кости птиц от костей других позвоночных?
- Какие группы мышц наиболее развиты у птиц и почему?
- Почему птицы не падают, когда спят, сидя на ветке.
- Чем различаются пояса конечностей у птиц и пресмыкающихся?
- Каковы признаки сходства у птиц и пресмыкающихся?
- Как осуществляется взлет и полет у птиц?
- Какие отделы пищеварительной системы участвуют в измельчении пищи?
- Как объяснить употребление птицами относительно большого количества пищи?

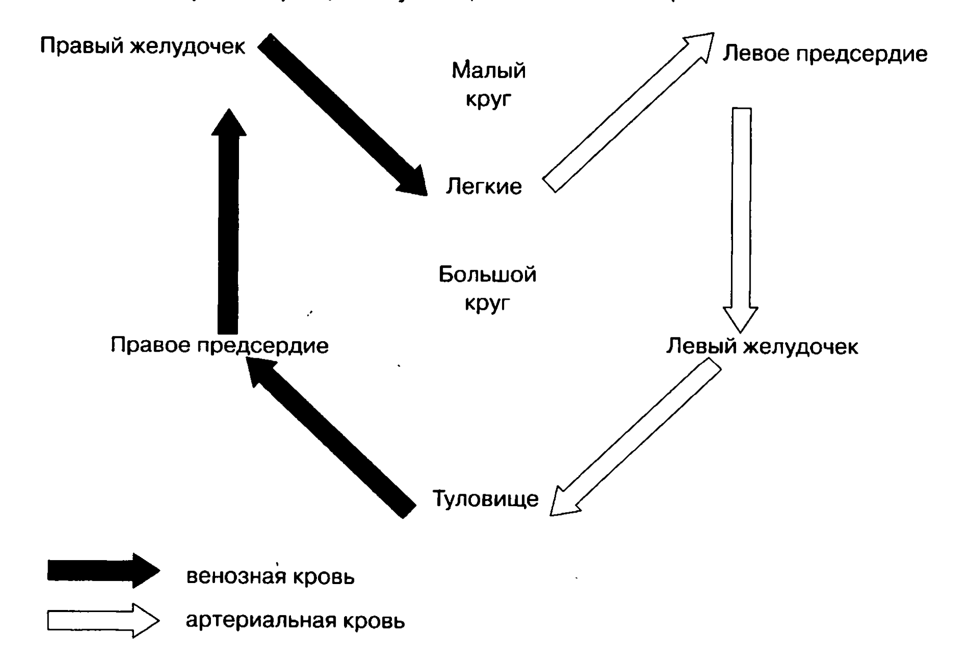
- Какая пища переваривается быстрее — растительная или животная?
- Какую роль в жизнедеятельности птиц сыграло полное разделение сердца на правую и левую половину?
- Где начинается и где заканчивается большой круг кровообращения и какова его роль?
- Где начинается и где заканчивается малый (легочный) круг кровообращения и какова его роль?
- Чем объяснить очень частое сокращение сердца у птиц?
- Какие приспособления выработались у птиц для поддержания и сохранения тепла?
- Какую роль играет теплокровность в освоении птицами различных эколого-географических районов?
- Из чего образуются и где располагаются легочные мешки?
- Каким образом птицы получают достаточно кислорода для поддержания высокого уровня обмена веществ?
- Какие отделы головного мозга наиболее развиты у птиц и почему?
- Каково строение яйца курицы?
- Каковы особенности органов выделения и органов размножения у птиц?
- С чем связаны перелеты птиц?
- Чем различаются птенцовые и выводковые птицы? Примеры.
- Какие птицы являются полезными, вредными и относительно вредными?
- Какие птицы относятся к зерноядным, насекомоядным, хищным?

Контрольная работа № 50

1. Каковы отличительные признаки птиц (перьевой покров, двуногохождение, теплокровность, размножение яйцами, крылья, клюв)?
2. Что общего у птиц с пресмыкающимися (линька, сухая кожа, роговые чешуи, отсутствие зубов, отсутствие мочевого пузыря, четырехкамерное сердце, размножение яйцами)?
3. Какие приспособления к полету характерны для птиц (перьевой покров, крылья, отсутствие зубов, легочные мешки, отсутствие мочевого пузыря, один яичник, размножение яйцами)?
4. Какие органы пищеварения возникли в связи с отсутствием зубов и челюстей у птиц (зоб, железистый желудок, мускульный желудок, двенадцатиперстная кишка)?
5. Что обеспечивает птице устойчивость в полете (положение крыльев, положение головы, положение внутренних органов, вестибулярный аппарат)?
6. Что представляет собой помет птицы (каловые массы, смесь каловых масс с мочой, моча)?

7. Как называются кровеносные сосуды, отводящие от сердца кровь (артерии, вены)?
8. Как называются кровеносные сосуды, приносящие кровь в сердце (артерии, вены)?
9. Как называются сосуды малого круга кровообращения (аорта, легочная артерия, полая вена, легочная вена)?
10. Какая кровь находится в правом предсердии и правом желудочке (венозная, артериальная)?
11. Сколько сокращений делает в минуту сердце птицы (20, 70, 100, 400)?
12. За счет какого из дыхательных путей образуются легочные мешки (трахеи, бронхи, бронхиолы, легкие)?
13. Почему птицы откладывают не все яйца сразу, как пресмыкающиеся, а постепенно (наличие одного яичника, облегчение массы тела в полете, малое число яиц, условия инкубации, забота о потомстве)?
14. Какие птицы относятся к птенцовым — незрелорождающимся (голуби, дятлы, орлы, гуси, утки, куры)?
15. Какую роль играют птицы в биологической защите растений (регулируют численность насекомых, исключают применение химических средств, дают экономию материальных ресурсов, сохраняют окружающую среду)?

Схема 55. Кровообращение у птиц и млекопитающих



Класс Птицы. Сизый голубь

Строение тела. Тело подразделяется на голову, шею, туловище и хвост. Передние конечности — крылья, задние — ноги. На голове клюв, состоящий из надклювья и подклювья. Ноги четырехпалые.

Покров. Кожа сухая, без желез, покрытая пухом и перьями (пуховыми и контурными). Перья — это видоизмененные чешуи пресмыкающихся. Различают перья трех типов: маховые (на крыльях), рулевые (хвостовая лопасть) и покровные контурные. Контурное перо состоит из очина, стержня и опахала, которое образовано густой сетью бородок 1-го и 2-го (с крючочками) порядков. Пуховые перья, расположенные под контурными, не имеют бородок 2-го порядка, поэтому они рыхлые. Перья линяют. Копчиковая железа выделяет маслянистую жидкость, которой птица смазывает перья.

Скелет. Состоит из черепа, позвоночника, поясов передних и задних конечностей, свободных конечностей. Череп включает черепную

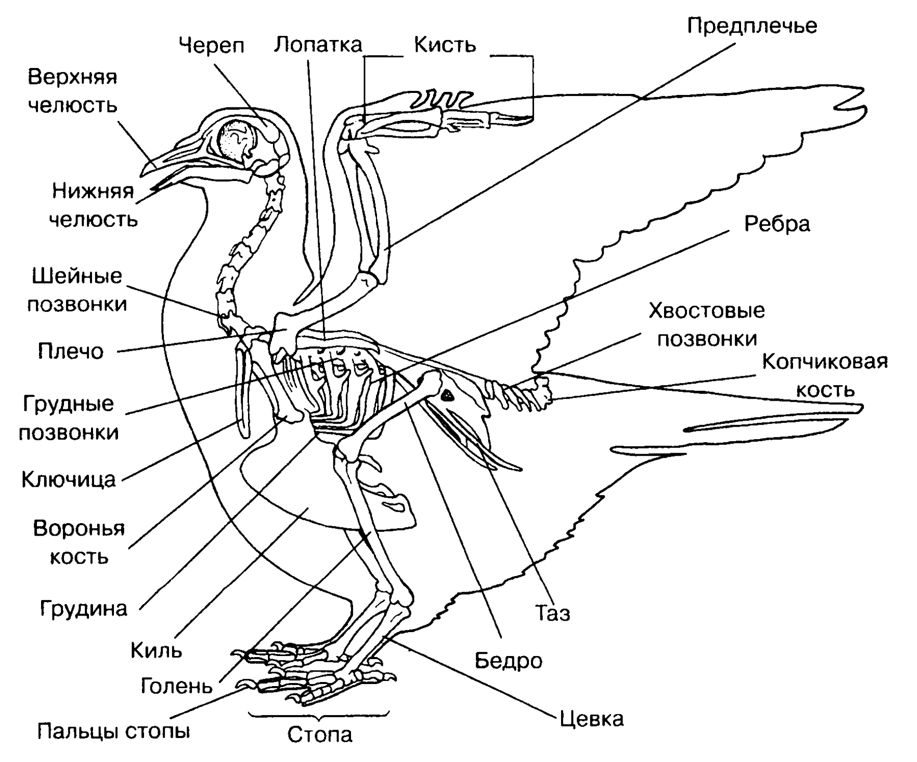


Рис. 100. Скелет голубя (схема)

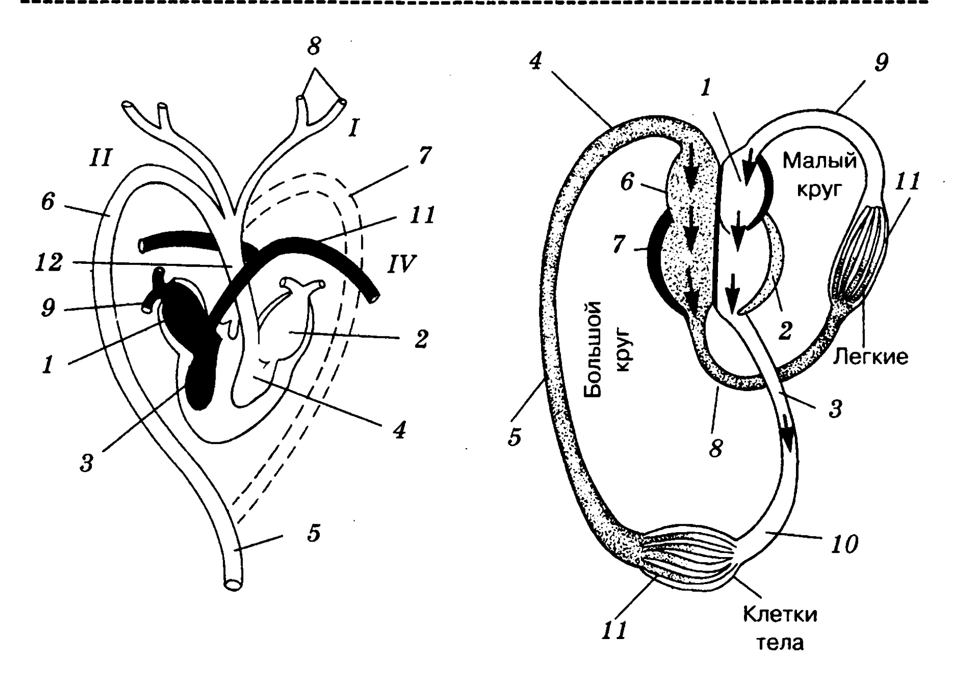


Рис. 101. Кровообращение у птиц:
I, II, IV — артериальные дуги; *1* — правое предсердие, *2* — левое предсердие, *3* — правый желудочек, *4* — левый желудочек, *5* — аорта, *6* — правая дуга аорты, *7* — редуцированная левая дуга аорты, *8* — сонные артерии, *9* — вены, несущие венозную кровь со всего тела, *10* — вены, несущие артериальную кровь из легких, *11* — легочные артерии, несущие венозную кровь из сердца, *12* — аорта (главная артерия), разносящая артериальную кровь из сердца по всему телу

Рис. 102. Круги кровообращения (*справа*)

коробку, верхнюю и нижнюю челюсти (основа клюва). Позвоночник подразделяется на пять отделов: шейный (14 подвижно соединенных позвонков), грудной (5 позвонков), поясничный (6), крестцовый (2) и хвостовой (15 позвонков). Все позвонки, кроме шейных, соединены неподвижно. Последний грудной позвонок, все поясничные, крестцовые и первые пять хвостовых сливаются в единый сложный крестец, впереди открытый. Грудная клетка образована пятью парами ребер, состоящих из двух частей, сочлененных подвижно. Грудина снизу имеет высокий гребень — киль. Пояс передних конечностей представлен парными костями — лопатками, ключицами и вороньими костями. Ключицы образуют вилочку. Скелет крыла состоит из плечевой кости, локтевой и лучевой костей, костей трехпалой кисти. Кости пояса задних конечностей — парные тазовые, сросшиеся с поясничным и крестцовым отделами позвоночника

и первыми хвостовыми позвонками. Нога состоит из бедренной кости, сросшихся большой и малой берцовой костей, цевки (сросшиеся кости стопы) и четырех пальцев. Кости полые, содержат воздух.

Мышцы. Парные большие грудные, прикрепленные к грудине и ее килю, служат для опускания крыла, подключичные мышцы — для подъема крыла. Хорошо развиты мышцы ног, шеи, межреберные, подкожные.

Пищеварительная система. Роговые края челюстей образуют клюв, который служит для захвата и размельчения пищи; зубов нет. Далее идет ротовая полость (с языком и слюнными железами), глотка, пищевод, зоб, желудок (железистый и мускульный), двенадцатиперстная кишка, куда впадают протоки печени и поджелудочной железы, тонкий кишечник, короткая толстая кишка, задняя кишка, клоака. Помет птицы — смесь каловых масс и мочи.

Дыхательная система. Ноздри, носовая полость, гортань, трахея (голосовой аппарат), два бронха, два легких (губчатые), воздушные мешки (тонкостенные выросты слизистой оболочки бронхов). Воздушные мешки располагаются под кожей, между мышцами и внутренними органами. Их объем во много раз превышает объем самих легких; основная роль — интенсификация дыхания. По функции мешки делят на две группы: передние и задние. В полете — дыхание двойное, в остальное время — дыхание обыкновенное. Двойное дыхание заключается в том, что при подъеме крыла (вдох) воздух втягивается в легкие (где происходит газообмен) и задние воздушные мешки, при этом воздух из легких заполняет передние воздушные мешки. При опускании крыла (выдох) воздух из задних воздушных мешков выталкивается в легкие (где происходит газообмен), а из передних мешков — наружу. Такой способ вентиляции обеспечивает однонаправленный поток воздуха: из задних воздушных мешков через легкие в передние мешки и затем наружу. При этом насыщение крови кислородом в легких происходит непрерывно как при вдохе, так и при выдохе. Кровь в легких движется навстречу току воздуха (принцип противотока).

В месте разделения трахеи на бронхи находится голосовой аппарат, в нем помещаются голосовые связки и «певчие» мышцы.

Кровеносная система. Сердце четырехкамерное, состоящее из левого и правого предсердий и левого и правого желудочков. Левая половина содержит артериальную кровь, правая — венозную. Два круга кровообращения, полностью изолированные

друг от друга, в результате чего кровь не смешивается. Большой круг начинается от левого желудочка и заканчивается в правом предсердии, малый круг (легочный) начинается в правом желудочке и заканчивается в левом предсердии. Кровеносные сосуды большого круга кровообращения: аорта (правая дуга), артерии, капилляры, вены; малого круга: легочная артерия, капилляры, легочная вена. Эритроциты имеют ядро.

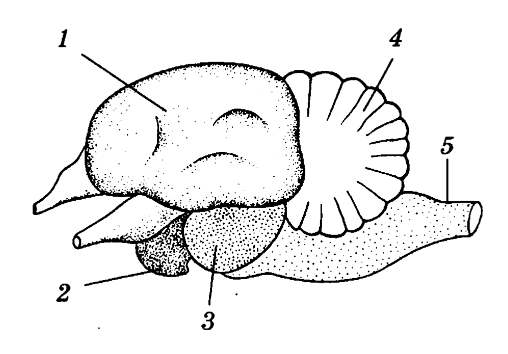


Рис. 103. Мозг птицы

Выделительная система. Тазовые почки, мочеточники, клоака. Мочевого пузыря нет. Моча очень высокой концентрации, так как обмен веществ усиленный. Продукты выделения — мочевая кислота и ее малорастворимые соли. Моча выводится вместе с калом (помет).

Нервная система. Представлена головным и спинным мозгом и отходящими от них нервами. В головном мозге наиболее развиты большие полушария переднего мозга и мозжечок. Возможно формирование условных рефлексов.

Органы чувств. Глаза трехвекие с широким полем зрения и высокой остротой зрения. Органы слуха представлены внутренним ухом (слуховая улитка и орган равновесия) и средним ухом (одна слуховая косточка — стремечко). Слух очень тонкий. Обоняние развито слабо. Органы вкуса — вкусовые луковицы в глотке.

Размножение. У самок только один левый яичник и яйцевод; у самцов — парные бобовидные семенники, семяпроводы и семенной пузырек в клоаке. Наружных половых органов нет: при контакте самца и самки сперматозоиды переходят из клоаки самца в клоаку самки. Оплодотворение осуществляется в яйцеводе, после чего яйцеклетка увеличивается в размерах, покрывается оболочками (желточной, белковой, двумя подскорлупными и известковой скорлупой) и в виде яйца выходит в клоаку. Процесс длится 12–48 часов.

Развитие. Начинается только в результате согревания яйца (насиживания). Зигота (зародышевый диск) располагается на желтке. На ранних этапах развития зародыш проходит те же стадии, что и все хордовые: у него имеются жабры, хвост. По ме-

ре развития появляется перьевой покров, клюв, а хвост исчезает. Перед выклевом птенец клювом прорывает внутренние оболочки яйца и через клюв дышит легкими в воздушной камере. Начало легочного дыхания — писк птенца. Бугорком на клюве птенец пробивает скорлупу яйца и выходит из нее. Птенцы голые, беспомощные, обычно их бывает два. О птенцах заботятся оба родителя, для кормления в их зобе вырабатывается «птичье молоко», которое отрыгивается в клюв птенцу. Позднее в зобе размягчается растительный корм. Тип развития — птенцовый (гнездовой).

Таблица 92. Сравнительная характеристика основных отрядов класса птиц

Отряд, представители, область распространения	Особенности образа жизни	Особенности внешнего и внутреннего строения
Группа отрядов бескилевых птиц. (Отряды Страусы, Нанду, Эму, Казуары, Киви). Всего 10 видов. Степи Австралии, Южной Америки и Африки	Быстро бегают, но не могут летать. Яйца насиживает самец	Крылья редуцированы. Оперение рыхлое, строение пера примитивное, плотных опахал не образуется. Задние конечности длинные и сильные. Число пальцев сокращено до трех или двух. Грудина маленькая, киля нет (вследствие потери способности к полету). Ключиц нет, кости неполые, таз закрытый
Пингвины. 15 видов. Императорский пингвин, королевский пингвин. Распространены в холодных областях Южного полушария	Летать и бегать не могут, основной способ передвижения — плавание и ныряние. Моногамные птицы, пары образуются на всю жизнь. Гнездятся большими колониями на низких каменистых берегах или на льду. Яйца насиживает самец. Чрезвычайно выражена забота о потомстве	Крылья превращены в ласты, с их помощью птицы плавают. Устройство скелета позволяет ластам при плавании почти винтообразно вращаться в плечевом суставе. Кости, образующие скелет ластов, уплощены. Стопа широкая, с перепонками, что позволяет неуклюже ходить в вертикальном положении, а при плавании рулить. Оперение очень плотное, сильно изменено, напоминает мех. У грудины имеется киль. Грудные мышцы сильно развиты (сильнее, чем у многих летающих птиц). Кости неполые

Продолжение табл. 92

Отряд, представители, область распространения	Особенности образа жизни	Особенности внешнего и внутреннего строения
Воробьинообразные. Самый крупный отряд птиц — более 5 тыс. видов (около 60% всех видов птиц). (Воробьи, жаворонки, ласточки, трясогузки, скворцы, свиристели, синицы, ткачики, вороны, сороки, грачи, дрозды, соловьи.) Обычны в лесах теплых и жарких широт всех частей света	Наземных видов немного. Строят искусные гнезда. Птенцовые. В пище преобладают насекомые	Ноги четырехпалые, сравнительно короткие, первый палец направлен назад. Когти загнутые. Клюв, как правило, прямой и довольно короткий. Много певчих видов, со сложно устроенной гортанью
Ржанкообразные. Свыше 300 видов. (Кулики, чибисы, чайки, зуйки, перевозчики.) Широко распространены по всему земному шару	Живут по побережьям водоемов и по заболоченным местам. Гнездятся на земле. Перелетные, оседлые или кочующие. Выводковые	Ноги длинные, трех- или четырехпалые, иногда имеется плавательная перепонка. Клюв длинный, тонкий. Крылья довольно длинные, узкие, острые. Оперение плотное, неяркое
Гусеобразные. Более 150 видов. (Гуси, лебеди, утки.) Широко распространены почти по всему земному шару. Важнейшие промысловые птицы. Многие представители одомашнены	Хорошо плавают и летают. Гнездятся вблизи воды или на водоемах. Большинство — перелетные. Выводковые	Шея длинная (облегчает добывание пищи из-под воды). Ноги короткие с четырьмя пальцами; передние пальцы соединены перепонкой. Клюв широкий, имеет роговые пластинки или зубцы. Оперение густое, плотное, с большим количеством пуха
Соколообразные. (Дневные хищные.) Около 250 видов. (Орлы, ястребы, соколы.) Распространены по всему земному шару	Прекрасно летают, способны к парению. Гнездятся на деревьях, скалах, земле. Гнезда простого устройства. Одни виды оседлы, другие кочуют, третьи — перелетные. Птенцовые	Оперение жесткое. Окраска неяркая. Клюв загнут, его основание ярко окрашено, края — острые, режущие. Глаза большие, зрение отличное. Ноги четырехпалые с сильными когтями. Пальцы довольно длинные, с подушечками (для удержания добычи). Непереваренные остатки пищи (шерсть, кости, хитин) отрыгиваются в виде комков — погадок

Продолжение табл. 92

Отряд, представители, область распространения	**Особенности образа жизни**	**Особенности внешнего и внутреннего строения**
Курообразные. Около 250 видов. (Рябчики, тетерева, глухари, перепела, куропатки, куры, фазаны, павлины, цесарки, индейки). Широко распространены почти по всему земному шару. Многие представители одомашнены	Добывают пищу, разгребая землю ногами. Гнездятся на земле, гнезда примитивны. Хорошо ходят и бегают. Оседлы или кочуют на небольшие расстояния. Выводковые	Ноги сильные. Крылья короткие и широкие. Оперение плотное и жесткое. Клюв короткий, надклювье слегка загнуто
Аистообразные. Около 120 видов. (Цапли, аисты, ибисы.) Распространены широко, особенно в тропиках и субтропиках; на севере — до тундры включительно	Живут около водоемов или во влажных местах. Хорошо приспособлены к полету и к передвижению по земле. Гнездятся на деревьях, зданиях, некоторые — на земле. Оседлы или перелетны. Птенцовые	Шея длинная, клюв длинный и острый. Добычу глотают целиком. Ноги длинные; задний палец поставлен низко и служит опорой при ходьбе. Крылья большие, широкие. Есть копчиковая железа. (Внешне похожи на журавлей, но отличаются от них некоторыми внешними и внутренними признаками.)
Голубеобразные. Около 200 видов. (Вяхирь, горлицы, сизый голубь.) Распространены в тропиках и умеренном поясе	Живут на деревьях или на земле. В основном оседлые. Птенцовые; первое время родители выкармливают птенцов, отрыгивая «птичье молоко», которое выделяется эпителием стенок зоба	Оперение густое и плотное. Крылья обычно длинные, острые. Клюв небольшой, прямой. Хорошо развит зоб
Дятлообразные. Около 400 видов. (Большой и малый пестрые дятлы, зеленый дятел, черный дятел (желна), вертишейка, тукан.) Распространены во всех лесах земного шара, особенно в тропиках и умеренном поясе (за исключением Австралии и Мадагаскара)	Гнездятся в дуплах. Оседлы, но осенью и зимой многие кочуют. Птенцовые	Оперение рыхлое, пуха нет. У большинства — клюв долотообразный, череп прочный, мощные мышцы шеи. Ноги короткие, но сильные, с крепкими крючковатыми когтями, приспособлены к лазанью по деревьям. Хвост с жесткими перьями. Язык длинный, тонкий, с зазубринами

Окончание табл. 92

Отряд, представители, область распространения	Особенности образа жизни	Особенности внешнего и внутреннего строения
Стрижеобразные. Около 400 видов. (Стрижи, колибри.) Широко распространены на открытых пространствах	Всю жизнь проводят в полете (не бегают, не ходят, не плавают и не ныряют). Птенцовые	Крылья приспособлены к длительному полету — очень длинные с укороченными маховыми перьями второго порядка и очень короткими плечевыми костями. Ноги короткие. Некоторые виды способны ориентироваться с помощью эхолокации. Большое количество мелких и даже крошечных представителей, у которых температура тела непостоянна. У колибри сердце по объему втрое больше желудка и занимает половину полости тела
Кукушкообразные. Около 150 видов. (Кукушки, турако.) Распространены широко, особенно в тропических лесах	Виды умеренных широт в основном перелетны, остальные — оседлы. Многие хорошо летают. Одни виды всю жизнь проводят в кронах деревьев, другие — чисто наземные. Многим свойствен гнездовой паразитизм. Птенцовые	Ноги короткие, четырехпалые. Крылья острые, длинные. Оперение жесткое, плотно прилегает к телу, пух развит слабо. Перья голени удлинены и образуют «штаны»

Экология птиц

Наиболее молодые в эволюционном отношении, высокоразвитые животные, для которых характерны хождение на двух ногах, перьевой покров, крылья и клюв, теплокровность с интенсивным обменом веществ, хорошо развитый головной мозг и сложное поведение. Все эти особенности птиц позволили им широко расселиться по земному шару и занять все среды обитания — сушу, воду, воздух; они заселяют любые территории от высоких полярных широт до мельчайших океанических островов. Среда обитания явилась фактором отбора в эволюции птиц (строение тела, крыльев, конечностей, способы передвижения, добычи пищи, особенности выведения потомства). Птицам свойственны сезонные циклы, которые наиболее заметны у перелет-

ных птиц и менее выражены у кочующих в пределах своей зоны или оседлых птиц. Наибольшее видовое разнообразие птиц сосредоточено в тропической зоне. Почти каждый вид птиц может обитать в нескольких различных биогеоценозах. Наиболее многочисленна группа птиц леса, среди которых имеются плотоядные, растительноядные и всеядные. Гнездятся они в дуплах, на ветвях, на земле. Птицы открытых мест — лугов, степей, пустынь — строят гнезда на земле; птицы побережий гнездятся на скалах, образуя птичьи базары, где несколько видов птиц не только совместно обитают, но и защищаются от врагов. Для птиц характерна четко выраженная динамика изменения численности популяции. Так, максимум птиц на Земле (до 100 млрд особей) наблюдается после вылета молодняка, минимум — к началу следующего лета (снижение численности до 10 раз). Большую роль в изменении числа птиц играет хозяйственная деятельность человека. Сокращаются площади лесов, болот, лугов, естественных водоемов, некоторых птиц просто истребляют. Роль птиц в цепях питания велика, поскольку они представляют конечные звенья многих цепей питания. Большое значение имеют птицы в распространении плодов и семян. В хозяйственной деятельности человека значение птиц в основном положительное: они истребляют грызунов, насекомых-вредителей, семена сорных растений, что можно рассматривать как биологическую защиту полей и садов. Птиц надо охранять и беречь, подкармливать, особенно зимой, не разорять их гнезда. Без птиц — таких ярких, подвижных, звонкоголосых — наши леса, парки, луга, водоемы становятся безрадостными, мертвыми. Ущерб, наносимый птицами, несравненно ниже их пользы. Они опустошают сады и виноградники, выклевывают посеянные семена, выдергивают проростки, поэтому их приходится отпугивать. Участились случаи столкновения птиц с самолетами. Птицы разносят инфекционные болезни — грипп, энцефалит, сальмонеллез, распространяют клещей, блох. Человек занимается птицеводством, разводя домашнюю птицу, а также декоративных и певчих птиц. В Красную книгу занесено 80 видов птиц.

ТЕМА. Класс Млекопитающие

Общая характеристика класса. Домашняя собака. Внешнее строение. Скелет и мускулатура. Полости тела. Системы органов. Нервная система и органы чувств. Поведение. Размножение и развитие. Забота о потомстве.

Отряды млекопитающих. Первозвери. Происхождение млекопитающих. Рукокрылые: летучие мыши, крыланы. Грызуны. Хищные: псовые, кошачьи. Ластоногие. Китообразные. Парнокопытные. Особенности строения пищеварительной системы жвачных. Породы крупного рогатого скота. Кабан. Домашние свиньи. Непарнокопытные. Дикая лошадь. Породы домашних лошадей. Приматы. Обезьяны.

Роль млекопитающих в природе и в жизни человека. Влияние деятельности человека на численность и видовое многообразие млекопитающих, их охрана.

Общие указания. Отличительные признаки класса млекопитающих (зверей) — живорождение, наличие молочных желез, вырабатывающих молоко для выкармливания детенышей, разделение диафрагмой полости тела на грудную и брюшную, а также теплокровность. Важнейшая особенность этого класса — развитие высшей нервной деятельности. Вершиной эволюции млекопитающих является род Человек и вид Человек разумный (Homo sapiens). Историческое развитие млекопитающих шло в трех направлениях: яйцекладущие млекопитающие, сумчатые млекопитающие и плацентарные млекопитающие. Только представители плацентамрных — высших млекопитающих, у которых рождаются развитые детеныши, победили в борьбе за существование.

Яйцекладущие и сумчатые на всех континентах мира, кроме Австралии, подверглись естественному отбору и вымерли.

Задание 45

- Повторить имеющийся по теме материал, а также таблицу 93.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 51.
- Проанализировать таблицу 94, рисунки 104–106 и конспект «Строение млекопитающего на примере собаки».
- Проанализировать сводную таблицу 95 по отрядам и общую таблицу 96 по позвоночным.

Вопросы для самоконтроля

- Какие животные были предками млекопитающих?
- Когда возникли на Земле млекопитающие?
- Чем отличаются млекопитающие животные от пресмыкающихся и птиц?

- По каким признакам подразделяют класс млекопитающих на три подкласса?
- Почему яйцекладущих млекопитающих считают самыми примитивными?
- В чем примитивность и более высокая организация у сумчатых животных?
- Почему высшие млекопитающие называются плацентарными?
- В чем преимущества плацентарных млекопитающих и как это отразилось на их географии?
- Что характерно для внешнего облика млекопитающих?
- Какие железы находятся в коже зверей?
- Каковы строение и роль волосяного покрова?
- Наблюдается ли смена шерсти у зверей?
- Какое происхождение имеют когти, ногти, волосы, рога, копыта?
- Какие отделы позвоночника выделяют у зверей, какие из них подвижные?
- Какие кости формируют скелет головы?
- Сравните пояс передних свободных конечностей лягушки, ящерицы, птицы, собаки.
- Сравните пояс задних свободных конечностей у этих же представителей.
- Что представляет собой диафрагма и какова ее роль?
- В чем особенности дифференцированной зубной системы у зверей?
- Какое разнообразие в строении желудка наблюдается у различных млекопитающих?
- В чем выражается конвергентность в строении сердца и кровеносной системы у птиц и зверей?
- Какие системы органов участвуют в процессе выделения и в водном обмене?
- Для каких позвоночных характерно туловищное расположение почек, для каких — тазовое?
- Какие особенности строения головного мозга характерны для зверей?
- Чем отличается аккомодация глаза млекопитающих от аккомодации глаза птиц?
- Из каких частей состоит орган слуха у зверей?
- Какие приспособления и органы служат для обоняния и осязания у различных млекопитающих?
- Какие принципы лежат в основе подразделения высших млекопитающих на отряды?
- В каких отраслях хозяйственной деятельности человек использует животных и из каких отрядов?
- Каких домашних животных вы знаете?
- Какое положение занимает человек в системе млекопитающих?

Контрольная работа № 51

1. Что объединяет животных в класс млекопитающих (две пары конечностей, теплокровность, волосяной покров, молочные железы, разделение полости тела на грудную и брюшную, развитая кора больших полушарий мозга)?
2. Чем различаются подклассы млекопитающих (волосяной покров, наличие сосков, забота о потомстве, наличие молочных желез, степень сформированности рождающегося детеныша, наличие плаценты)?
3. Какую роль играет плацента (газообмен, питание зародыша, выделительный орган, связь с материнским организмом)?
4. Благодаря какому органу у плацентарных появилось живорождение (яичник, клоака, сумка, матка)?
5. Какие функции выполняет пупочный канатик (держит зародыш, соединяет кровеносную систему зародыша с материнской, прикрепляется к плаценте, приносит кислород, выносит мочу)?
6. Сколько кругов кровообращения функционирует у зародыша млекопитающего (1, 2)?
7. Как объяснить существование у летучих мышей крыльев, как у птиц, у дельфинов — тела, как у рыб (родственные связи, проявление конвергенции, дивергенции)?
8. Сколько позвонков в шейном отделе позвоночника у млекопитающих (2, 7, 24)?
9. У каких млекопитающих отсутствуют ключицы (псовые, копытные, медвежьи, приматы)?
10. Для каких животных характерно более быстрое передвижение (стопоходящие, пальцеходящие, фалангоходящие)?
11. В каком отделе пищеварительного тракта млекопитающих живут симбиотические бактерии, грибы, простейшие (рубец, сычуг, толстая кишка, слепая кишка, тонкая кишка)?
12. Какие животные имеют относительно удлиненный кишечник (плотоядные, всеядные, растительноядные)?
13. Какие приспособления к длительному отсутствию пищи существуют у зверей (спячка, запасание пищи, запасание жира)?
14. У каких животных зубы растут всю жизнь (насекомоядные, хищные, грызуны, парнокопытные, непарнокопытные)?
15. Какие животные родят детенышей только в воде (бобры, моржи, котики, киты, дельфины)?
16. Почему детеныш кенгуру, висящий постоянно на соске матери, не захлебнется молоком (он не дышит, его глотка не соединена с гортанью)?

Таблица 93. Сравнительные характеристики подклассов млекопитающих

Признаки	Подкласс Первозвери (яйцекладущие, клоачные)	Подкласс Сумчатые	Подкласс Плацентарные
Представители	Утконос Ехидна	Кенгуру, коала, сумчатые крыса, мышь, белка, волк	Еж, мышь, летяга, белка, волк, кошка, тюлень, кит, свинья, лошадь, обезьяна
География	Австралия, Тасмания, Новая Зеландия	Австралия, Южная Америка, Северная Америка (один вид — опоссум)	По всему земному шару
Экология	Вода — утконос, суша — ехидна	Суша	Вода, суша, воздух
Размножение: наличие матки и плаценты	Нет	Зачаточная матка	Имеется матка и плацента
Наличие молочных желез	Имеются	Имеются	Имеются
Наличие сосков	Нет	Имеются	Имеются
Наличие клоаки	Имеется	Рудиментарная	Нет
Наличие сумки	У ехидны имеется	Имеется	Нет
Рождение детеныша	Вылупляется из яйца	Рождается недоразвитым	Рождается развитым
Развитие детеныша	В сумке у ехидны, в норе у утконоса	В сумке	Наиболее развитые у копытных, незрячие у хищных, несамостоятельные у приматов

Подкласс Плацентарные. Домашняя собака

Строение тела. Тело подразделяется на голову, шею, туловище и хвост. Две пары пятипалых конечностей с невтяжными когтями находятся под туловищем. На голове — ушные раковины, чувствительные волосы, вытянутый нос, рот с губами, глаза с двумя веками и ресницами на них.

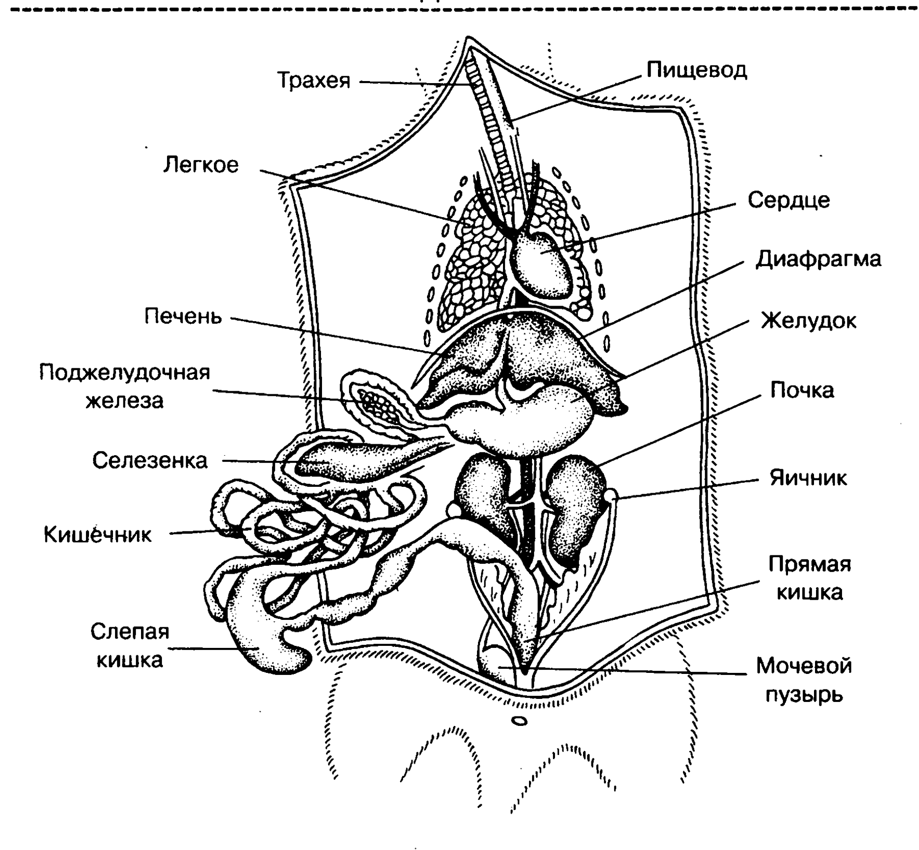


Рис. 104. Внутреннее строение млекопитающего

Покров. Волосяной, состоящий из шерсти (ости) и подшерстка, периодически линяющий. Потовых желез в коже мало, имеются сальные и пахучие железы. Молочные железы — видоизмененные потовые, с сосками.

Скелет. Включает череп, позвоночник, грудную клетку, пояса передних и задних конечностей, свободные конечности. *Череп* состоит из мозгового и лицевого отделов, глазниц, верхней и нижней челюстей, несущих 42 зуба, различных по форме и функции (резцы, клыки, коренные зубы). Зубы находятся в лунках, состоят из корня, шейки и коронки, покрытой эмалью. Молочные сменяются постоянными. *Позвоночник* состоит из 7 шейных, 12 грудных, 6 поясничных позвонков, соединенных подвижно, 3–4 крестцовых, сросшихся с костями таза, и хвостовых (соединенных подвижно) позвонков. Число хвостовых позвонков раз-

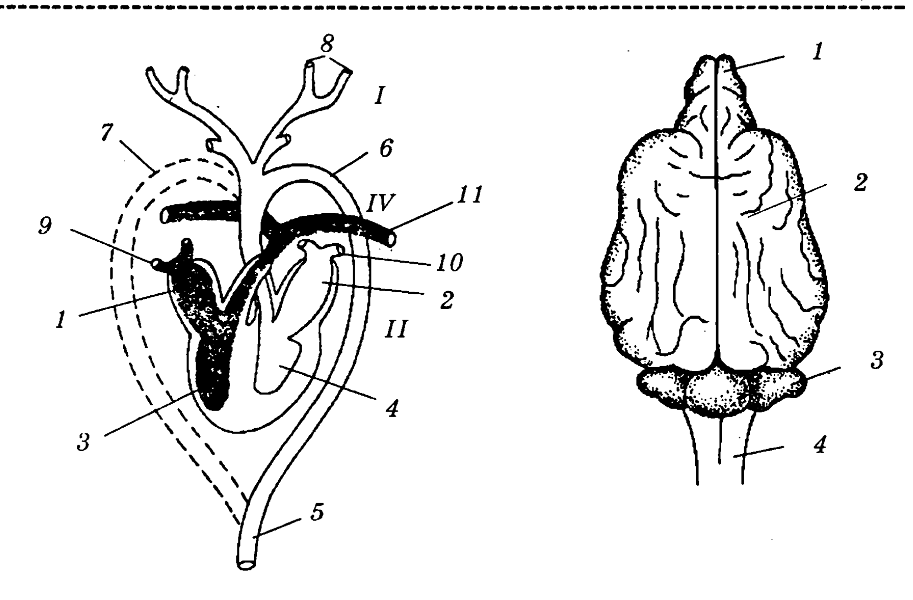


Рис. 105. Кровообращение у млекопитающих:
I, II, IV — артериальные дуги; *1* — правое предсердие, *2* — левое предсердие, *3* — правый желудочек, *4* — левый желудочек, *5* — аорта, *6* — левая дуга аорты, разносящая артериальную кровь из сердца по всему телу, *7* — редуцированная правая дуга аорты, *8* — сонные артерии, *9* — вены, собирающие венозную кровь со всего тела, *10* — легочные вены, несущие артериальную кровь из легких к сердцу, *11* — легочные артерии, несущие венозную кровь из сердца к легким

Рис. 106. Мозг собаки (*справа*):
1 — обонятельные доли, *2* — большие полушария переднего мозга, *3* — мозжечок, *4* — продолговатый мозг (средний и промежуточный мозг скрыты передним мозгом)

лично. *Грудная клетка* образована грудным отделом позвоночника, 12 парами ребер и грудиной. *Пояс передних конечностей*: две лопатки с приросшими вороньими костями; ключицы не развиты, так как движения конечностей осуществляются только в одном направлении. *Пояс задних конечностей*: кости таза — парные седалищные, лобковые, подвздошные. *Свободные конечности*: передние лапы — плечевая кость, локтевая и лучевая, кости запястья, кисти, пальцев; задние лапы — бедренная кость, большая и малая берцовые (на коленном суставе чашечка), в предплюсне — пяточная кость, кости стопы, кости пальцев. Пальцехождение.

Мышцы. Наиболее сильные жевательные, мышцы спины и конечностей. Диафрагма — мышца, участвующая в дыхательных движениях, разделяющая полость тела на грудной и брюшной отделы. Мимические мышцы.

Пищеварительная система. Рот с зубами, мышечный язык со вкусовыми сосочками, слюнные железы. Глотка, пищевод, желудок, кишечник (тонкая, толстая и прямая кишки). Печень и поджелудочная железа. Пища животная и растительная.

Дыхательная система. Носовая полость, состоящая из преддверия, дыхательного и обонятельного отделов; гортань (с голосовыми связками), трахея, два бронха, легкие (состоят из бронхиол и альвеол). Дыхательные движения с помощью грудной клетки и диафрагмы. Дыхание частое, неглубокое, поэтому теплоотдача осуществляется путем охлаждения поверхности верхних дыхательных путей, ротовой полости и языка.

Кровеносная система. Сердце четырехкамерное. Два круга кровообращения. От левого желудочка отходит только левая дуга аорты, от которой ответвляются артерии. Число сокращений сердца — 120 ударов в минуту. В эритроцитах нет ядер.

Выделительная система. Тазовые почки бобовидной формы, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал. Выделение происходит также через кожу (потовые железы). Выводятся вода, соли, мочевина.

Нервная система. Центральная — головной (пять отделов) и спинной мозг, а периферическая — отходящие от них нервы. Кора больших полушарий мозга образует извилины. Хорошо развит мозжечок. Сложные условные и безусловные рефлексы.

Органы чувств. Хорошо развиты органы обоняния, осязания и слуха. Ухо представлено наружным, средним (с тремя слуховыми косточками) и внутренним. Цветовое зрение не развито, но улавливаются позы, мимика, движения, так как это анализируется в коре головного мозга.

Размножение. У самок парные яичники, яйцеводы, матка, влагалище, преддверие влагалища (туда же открывается мочевой проток). У самцов парные семенники (в мошонке), семяпровод, мочеполовой канал полового члена. Оплодотворение происходит в яйцеводах самки, куда проникает сперма. Зигота развивается в матке, где зародыш через плаценту получает от матери питание, кислород и освобождается от продуктов распада.

Развитие. После рождения детеныш питается молоком матери, которая по завершении молочного кормления передает жизненный опыт своему потомству. Рождаются щенки слепыми. У них прорезаются молочные зубы.

Таблица 94. Эволюция нефрона позвоночных

Признак	Головная почка (предпочка)	Туловищная почка (первичная)	Тазовая почка (вторичная)
Каким животным свойственна	Эмбрионы всех позвоночных (у эмбрионов высших позвоночных закладывается, но не функционирует). Во взрослом состоянии ни у кого из современных позвоночных не функционирует, за исключением некоторых круглоротых (примитивных позвоночных)	Эмбрионы большинства позвоночных, за исключением примитивных (в ходе эмбрионального развития замещает головную почку). Взрослые рыбы и земноводные	Взрослые пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие
Наличие воронки	Имеется; каждая воронка открывается в цело́м	Имеется, сохраняется пожизненно, но частично утрачивает свое функциональное значение	Отсутствует
Связь с целомом	Посредством воронки	Посредством воронки	Полностью утрачена
Связь с кровеносной системой	Отсутствует	Имеется	Имеется
Положение сосудистого клубочка	Вблизи воронки	В капсуле на спинной стороне выделительного канальца	В капсуле, с которой начинается нефрон (капсула Боумена—Шумлянского)
Путь продуктов диссимиляции	Из крови — в целомическую жидкость, затем с жидкостью — в воронку и выделительные канальцы	Из крови — непосредственно в выделительную систему, минуя целом (путем фильтрации плазмы крови в полость капсулы и перехода первичной мочи в извитые канальцы)	
Концентрация первичной мочи	Не происходит	Происходит благодаря обратному всасывани в кровь в извитом канальце воды, глюкозы и других продуктов	Происходит интенсивнее, чем в туловищной почке, благодаря обратному всасыванию в кровь в сильно извитых канальцах
Число нефронов в почке	6–12	Значительно больше, чем в головной почке	Значительно больше, чем в туловищной почке

Таблица 95. Сравнительная характеристика основных отрядов класса млекопитающие

Название отряда, представители	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Насекомоядные (крот, еж, землеройка, выхухоль)	1. Самый примитивный отряд плацентарных млекопитающих. 2. Мелкие размеры тела (3,5–45 см) 3. Система терморегуляции развита плохо, поэтому температура тела непостоянна, а на осуществление обмена веществ расходуется много пищи. Из-за этого очень прожорливы, представители многих видов вынуждены съедать за сутки корма в 5 раз больше своей массы. 4. Волосяной покров короткий, мягкий, или тело покрыто колючками. 5. Передний конец головы вытянут в хоботок. 6. Не развиты слуховые барабаны. 7. Конечности стопоходящие. 8. Большинство представителей активны ночью, а часть — круглые сутки	1. Передний мозг небольшой, почти без извилин. Его полушария не закрывают мозжечка, а у некоторых даже виден средний мозг. 2. Сильно развиты обонятельные доли. 3. Черепная коробка мала. 4. Зубы однотипные, остробугорчатые
Рукокрылые (крыланы, летучие мыши, вечерницы, ночницы, кожаны, вампиры)	1. Единственные млекопитающие, приспособившиеся к активному машущему полету. 2. Имеется кожная перепонка, начинающаяся от шеи, натянутая между пальцами передних конечностей, передними и задними конечностями и заканчивающаяся у кончика хвоста. 3. Теплоотдача с большой поверхности крыльев сокращается за счет того, что из-за слабого кровоснабжения их температура на 7–9° ниже температуры тела. 4. Пальцы передних конечностей сильно удлинены, первый палец короткий, имеет коготь. 5. Голова с широкой ротовой щелью, маленькими глазами и крупными, сложно устроенными ушными раковинами. 6. Зимой в умеренном климате погружаются в спячку, при этом у некоторых представителей температура тела опускается до 5–8 °С	1. Скелет облегчен, кости черепа срослись. 2. Грудина́ имеет киль, к которому прикрепляется сильно развитая грудная мускулатура. 3. Зубы мелкие, всех родов; верхние резцы иногда редуцируются. 4. Передний мозг небольшой и не прикрывает мозжечка; обонятельные доли велики. 5. Хорошо развиты слух, осязание. 6. Способны к эхолокации

Продолжение табл. 95

Название отряда, представители	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Грызуны (мыши, крысы, бобры, белки, дикобразы, хомяки, сурки, тушканчики, летяги, нутрии)	1. Самая многочисленная группа млекопитающих (1600 видов — не менее 40% видов всех млекопитающих). 2. У большинства видов размеры тела небольшие, но есть и довольно крупные животные	1. Клыки отсутствуют, на их месте образуется пространство — диастема. 2. Чрезвычайно развитые резцы (по два в верхней и нижней челюстях), которые растут на протяжении всей жизни животного. 3. Наружная поверхность резцов образована твердой эмалью, а остальная — более рыхлым дентином, благодаря чему резцы самозатачиваются и всегда остаются острыми. 4. Длинный пищеварительный тракт, большая слепая кишка. 5. Необычайная скороспелость — половое созревание наступает в одно-двухмесячном возрасте; высокая плодовитость с интервалом в 1,5–2 месяца
Зайцеобразные (до недавнего времени рассматривался как подотряд грызунов) (зайцы, кролики, пищухи)	1. Размеры тела невелики. 2. Крупные уши, длинные задние ноги, очень короткий хвост. 3. Зайцы рождаются уже сформированными и передвигающимися самостоятельно, а кролики — слепыми, голыми и беспомощными (рождаются в норах)	1. В верхней челюсти — не одна пара резцов (как у грызунов), а две пары, расположенные в два ряда: передние резцы — очень длинные, задние — короткие; в нижней челюсти — только два длинных средних резца. 2. Клыков нет, между резцами и коренными зубами имеется большой промежуток — диастема. 3. Все зубы растут непрерывно в течение всей жизни животного. 4. Желудок состоит из двух отделов; в первом происходит лишь брожение пищи, во втором начинается ее переваривание. 5. Кишечник очень длинный, со слепой кишкой, в которой развиваются симбиотические бактерии, расщепляющие целлюлозу. 6. Вторичное переваривание пищи при помощи поедания своего кала. 7. Очень плодовиты

Хищные (волки, медведи, кошки, собаки, еноты, куницы, хорьки, гиены, соболи, норки, шакал). Семейства: волчьи (псовые), кошачьи, куньи, медвежьи, гиеновые, енотовые, виверровые	1. Форма тела разнообразна. 2. Хорошо развит волосяной покров. 3. У многих представителей передние конечности пятипалые, а задние — четырехпалые (первый палец редуцирован). 4. Детеныши рождаются слепые, с закрытыми ушными отверстиями, не способные к самостоятельному передвижению; развитие детенышей происходит медленно. 5. Большинство хищных — пальцеходящие, медвежьи — стопоходящие. 6. У кошачьих, за исключением гепарда, когти втягивающиеся	1. Передний мозг сильно развит; у многих видов хорошо выражены извилины. 2. В зубной системе слабо развиты резцы и хорошо развиты клыки; имеются характерные коренные хищные зубы с высокими и острыми зубцами, служащие для разгрызания костей и сухожилий. 3. Очень хорошо развита жевательная мускулатура; для ее прикрепления на черепе имеются гребни. 4. Ключица отсутствует или рудиментарна (за исключением медвежьих). 5. Имеются специфические железы — анальные и на подушечках лап. У некоторых видов есть «фиалковая» железа на верхней стороне основания хвоста
Ластоногие (морской лев, сивуч, морж, тюлень, нерпа)	1. Обтекаемая форма тела, голова округлая, ушных раковин нет (или имеются лишь их зачатки), шерсть короткая, жесткая. 2. И передние, и задние конечности превращены в ласты. На передней конечности пальцы снаружи не видны, так как кисть одета общим кожным покровом. На задних ластах пальцы видны, соединены между собой плавательной кожной перепонкой. 3. Ноздри щелевидные, могут замыкаться во время ныряния	1. Ключицы нет. 2. У некоторых представителей зубы хорошо дифференцированы на резцы, клыки и коренные зубы; у других зубная система однородная (зубы служат для схватывания, а не для пережевывания пищи) 3. Желудок простой; внутри него имеются различных размеров камни для перетирания пищи. 4. Высокая концентрация гемоглобина в крови и миоглобина в мышцах. 5. Мощная подкожная жировая клетчатка образует термоизолирующий слой. Температура тела 36,5–37,7 °C. 6. Передний мозг развит хорошо. 7. Хорошо развиты слух и обоняние. 8. Хрусталик сферический (что дает возможность видеть в воде), на суше (в воздушной среде) зрение слабое. 9. Некоторые виды способны к гидролокации. 10. Беременность длится 11–12 месяцев, лактация — от нескольких недель до года. 11. Самки рождают детенышей на льду или на берегу (в отличие от китообразных)

Продолжение табл. 95

Название отряда, представители	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Китообразные. Подотряд зубатых китов: дельфины, косатки, белухи, кашалоты, нарвалы. Подотряд усатых китов: гренландский кит, южный кит, настоящий кит, горбатый кит, синий кит	1. Торпедообразное тело. 2. Передние конечности видоизменены в ласты, пальцев 4 или 5, ключица отсутствует. 3. Задние конечности редуцированы. 4. Развит спинной плавник и горизонтальный хвостовой плавник (не имеющий позвонков, состоящий только из мускулов, соединительной ткани и жира). 5. Кожа голая, кожные железы (за исключением молочных), полностью отсутствуют. 6. У усатых китов на морде имеются волоски (наподобие вибрисс наземных млекопитающих), служащие для восприятия малейших колебаний, возникающих в окружающей среде. 7. Мягкие губы отсутствуют. 8. Ушная раковина редуцирована, наружный слуховой проход открывается маленьким отверстием позади глаза. 9. Веки неразвиты, слезные железы редуцированы. 10. Детеныш рождается в воде вполне развитый, способный к самостоятельному передвижению. Кормление детеныша происходит под водой 11. У дельфинов головной мозг имеет сложное строение, в его больших полушариях множество извилин. Дельфины легко приручаются и дрессируются	1. Толстый слой подкожной жировой клетчатки, обеспечивающий поддержание постоянной температуры тела в воде (35–40 °C). 2. Слюнные железы редуцированы. 3. Желудок сложный, состоит из 3–5 отделов; кишечник значительной длины. 4. Зубы однородные, у усатых китов заменены «китовым усом» — роговыми бахромчатыми пластинками, образующими цедильный аппарат. 5. Ноздри (парные или непарные) находятся на верхней стороне головы; обладают клапаном, запирающим отверстия ноздрей при нырянии (на время до 40 мин). Носовые ходы короткие, проходят вертикально. 6. Трахея и бронхи укорочены, что способствует сокращению акта дыхания. Легкие однодольчатые, с увеличенным количеством альвеол и сильно развитой гладкой мускулатурой. 7. Длительное пребывание под водой обеспечивается слабой чувствительностью дыхательного центра к накоплению углекислоты, а также повышенным содержанием миоглобина в мышцах (для создания там резерва кислорода). 8. Имеются органы эхолокации, способные улавливать ультразвук. 9. Роговица и склера глаза достигают значительной толщины. На веках имеются конъюнктивные железы, выделяющие специфический секрет, защищающий глаз от механического и химического воздействия воды (у других млекопитающих не встречаются). 10. Имеют округлый хрусталик, поэтому близоруки. 11. Продолжительность беременности — 8–12 месяцев, лактации — от 4 до 18 месяцев. 12. Детенышей рождают в воде (в отличие от ластоногих)

Парнокопытные:	1. Пальцы покрыты роговыми копытами. 2. Приспособлены к быстрому передвижению, в связи с чем на каждой ноге развиты только два пальца — третий и четвертый, между которыми проходит ось ноги (чем и объясняется название отряда). Второй и пятый пальцы сохранились в виде рудиментов, первый палец отсутствует. 3. Фалангохождение	Ключицы нет
Подотряд нежвачные (свиньи, пекари, бегемоты)	1. Туловище массивное, неуклюжее. 2. Рогов нет. 3. Кожа голая или покрыта щетиной. 4. Второй и пятый пальцы развиты лучше, чем у других парнокопытных; при ходьбе касаются земли	1. В зубной системе хорошо развиты зубы всех типов, клыки выдаются из ротовой полости. 2. Желудок 2–3-камерный, нежвачный. 3. Беременность длится 4–6 месяцев
Подотряд жвачные. В состав подотряда входят несколько семейств, среди них семейства полорогие, плотнорогие (оленевые, костнорогие), жирафы. Семейство полорогие (быки, козлы, бараны, яки, зубры, бизоны, антилопы). Имеют пару рогов, покрытых не сменяемыми в течение всей жизни полыми роговыми чехлами. Семейство плотнорогие (олень, лось, косуля, лань, северный олень). Имеют рога, сбрасываемые ежегодно. Во время роста рога покрыты кожей с волосами, которая затем высыхает и сдирается	1. Тело стройное, на высоких длинных конечностях. 2. Имеется пара рогов или ежегодно сменяющихся, или постоянных. 3. Имеется волосяной покров, иногда густой. 4. Второй и пятый пальцы сдвинуты назад и при ходьбе обычно не касаются земли	1. Пястные и плюсневые кости сливаются, образуя столбчатую кость, являющуюся опорой при быстром беге. 2. Зубная система неполная. В верхней челюсти отсутствуют резцы, а у большинства и клыки. Клыки нижней челюсти имеют такую же форму, как и резцы, и служат для откусывания травы. Коренные зубы имеют сложную складчатую поверхность и хорошо приспособлены для перетирания растительной пищи. 3. Желудок жвачный, состоит из четырех отделов: рубец, сетка, книжка, сычуг. 4. Микроорганизмы, усваивающие целлюлозу, размножаются в желудке, а не в слепой кишке, поэтому жвачные отрыгивают содержимое желудка, а не поедают свой кал (как зайцеобразные). 5. Кишечник очень длинный, хорошо развита слепая кишка. 6. Беременность длится 6–9 месяцев

Окончание табл. 95

Название отряда, представители	Особенности внешнего строения	Особенности внутреннего строения
Непарнокопытные (лошади, зебры, тапиры, носороги, ослы, куланы)	1. Крупные животные. Телосложение либо легкое и стройное, с длинными конечностями (лошадь), либо тяжелое, с толстыми короткими конечностями (носорог). 2. Волосяной покров короткий и грубый, иногда полностью редуцирован. 3. Число пальцев различно, но для всех характерно сильное развитие третьего пальца, через который проходит ось ноги. 4. Концы пальцев защищены роговыми копытами. 5. У лошади имеется грива вдоль шеи и длинноволосый хвост, у осла и зебры — короткая кисточка волос на длинном хвосте. 6. Фалангохождение	1. Ключицы нет. 2. Зубная система неполная, резцы крупные, клыки отсутствуют, коренные зубы с плоской ребристой поверхностью. 3. Желудок однокамерный, слепая кишка объемная
Хоботные (только два вида: индийский слон, африканский слон)	1. Наибольшие размеры тела среди всех млекопитающих. Длина тела 5–7 м, высота в плечах 3–4 м, масса 4–5 т. Тело массивное, шея короткая, голова огромная, с большими ушами и длинным хоботом, на конце которого расположены ноздри. 2. Хобот образован сросшимся носом и верхней губой и разделен по всей длине продольной перегородкой. 3. Конечности высокие, колоннообразные, пятипалые. На передних конечностях пять (иногда четыре) копытца, на задних — три или четыре. Ходит, опираясь на упругую подушку, расположенную под кистью и под стопой	1. Два резца верхней челюсти (часто неправильно называемые клыками) видоизменены в мощные бивни, растущие в течение всей жизни. 2. В каждой половине челюсти имеется один огромный коренной зуб со сложной поверхностью, служащий для перетирания грубой растительной пищи. 3. По мере изнашивания сработавшиеся зубы заменяются новыми. 4. Крупные выросты на костях черепа для прикрепления мощных мышц (из-за чего череп кажется очень большим), но объем мозговой части черепа по сравнению со всем телом невелик. 5. Абсолютная масса мозга — наибольшая среди наземных млекопитающих (свыше 5 кг), однако она составляет не более $^1/_{500}$ от массы тела. Полушария переднего моз-

		га невелики и не закрывают мозжечка. 6. Хорошо развиты слух и обоняние, но зрение относительно слабое. 7. Ключица отсутствует. 8. Беременность длится 20–22 месяца, лактация — около 2 лет. Сосков одна пара между передними ногами. Самка приносит одного, реже двух детенышей
Приматы (тупаи, лемуры, мартышки, павианы, макаки, шимпанзе, гориллы, орангутаны)	1. Стопохождение. 2. Конечности пятипалые, первый палец противопоставлен остальным, обеспечивая хватательную функцию конечностей. 3. Имеется волосяной покров из разных категорий волос; степень обволосения различна. 4. Вместо когтей развиваются ногти. 5. У высших приматов на поверхностях ладоней и подошв формируется система кожных гребешков, выполняющих функцию осязания, на которых формируется папиллярный узор («отпечатки пальцев»). 6. Обезьяны бывают хвостатые и бесхвостые (человекообразные). Человекообразные обезьяны отличаются сложным поведением и рассудочной деятельностью; они общаются при помощи жестов, мимики и знаков	1. Большие размеры головного мозга, большое число борозд и извилин коры. 2. Глаза направлены вперед, что обеспечивает стереоскопическое зрение. Хорошо различают форму и цвет. 3. Желудок простой. Питаются в основном растительной пищей. 4. Детенышей рождается чаще всего один, зрячий, но не умеющий самостоятельно двигаться. 5. Сосков два на груди

Экология млекопитающих

Самый высокоорганизованный и молодой класс животных, для которых характерны следующие признаки: волосяной покров, кожные железы, теплокровность, постоянная температура тела, развитая кора головного мозга, живорождение, забота о потомстве, сложное поведение. Все это позволило млекопитающим завоевать господствующее положение в животном мире. Они обитают во всех средах: на суше, в почве, в воде, в воздухе, на деревьях, во всех природных зонах. Экологические типы млекопитающих (жизненные формы) определяются средой их обитания: водные и полуводные имеют обтекаемую рыбообразную форму тела, ласты или перепонки на лапах; живущие на открытой местности копытные имеют высокие стройные ноги, плотное туловище, длинную подвижную шею. Поэтому среди представителей разных подклассов, отрядов, семейств могут быть сходные жизненные формы благодаря приспособлениям к одинаковым условиям обитания. Это явление природы называется *конвергенцией*, а генетически родственные органы — *гомологичными*. Высокоразвитая нервная система позволяет млекопитающим лучше приспосабливаться к условиям окружающей среды и полнее использовать природные ресурсы при добыче пищи, при защите от врагов, при устройстве нор, убежищ. Передача опыта, обучение молодняка, предвидение хода многих событий дали возможность зверям лучше сохранять потомство, занимать новые территории. Структура популяций у них разная: одни состоят из особей, живущих на постоянном месте одиночно или семьями, другие кочуют в стаде или стае. Большую роль играет довольно сложная система соподчинения, когда идет отбор на лучшую организацию стада или стаи. В цепях питания млекопитающие также занимают разное положение: одни — первичные потребители растительных кормов (консументы I порядка), другие — плотоядные, мирные (насекомо- и планктоноядные — консументы II порядка), третьи — хищные (нападающие на крупную активную добычу — консументы II и III порядка). Смешанное питание свойственно приматам, хищникам и грызунам. Очень тесна взаимосвязь животных с растениями, которые, с одной стороны, представляют собой кормовой объект (при этом нередко происходит распространение плодов и семян), а с другой стороны, защищаются от поедания с помощью шипов, колючек, неприятного запаха, горького вкуса.

Из всего животного мира человек теснее связан с млекопитающими: 15 видов являются домашними животными, кроме того, 20 видов — разводимые в клетках пушные звери, а также лабораторные животные (мыши, крысы, морские свинки и др.). Одомашнивание продолжается и в настоящее время: выводятся новые породы и улучшаются старые путем гибридизации с дикими животными. Большую роль в хозяйстве человека играет охотничий и морской промысел, акклиматизация животных с других континентов. В то же время имеются вредные и опасные животные, нападающие на человека и домашних животных, переносчики болезней, вредители посевов, садов, запасов продовольствия. Для уменьшения отрицательного влияния этих животных на природу и хозяйство человека изучают структуру их популяций, динамику численности, кормовые ресурсы — все эти данные вводят в ЭВМ, в результате чего получают прогноз на будущее, вырабатывают рекомендации, определяющие способы и средства воздействия на популяцию с целью ограничения ее вредоносности.

Число видов млекопитающих под влиянием деятельности человека постоянно сокращается в результате охоты, уничтожения хищников, разрушения местообитания диких животных, защиты сельскохозяйственных растений от грызунов (обработка полей пестицидами), лесных и степных пожаров и др. В Красную книгу занесены 54 вида и 40 подвидов животных. Для их охраны организованы заповедники, заказники, национальные парки, организовано их разведение, запрещена охота и промысел. Благодаря этим мероприятиям спасены от вымирания зубр, кулан, бухарский олень, тигр, восточный леопард, горал; восстановлена численность сайгака, соболя, бобра.

Число видов животных в разных систематических группах

Группа	*Число видов*	*Группа*	*Число видов*
Простейшие	25 000	Хордовые	50 000
Кишечнополостные	9000	Рыбы	20 000
Плоские, Круглые, Кольчатые черви	26 500	Земноводные и пресмыкающиеся	9000
Моллюски	130 000	Птицы	8500
Членистоногие	1 500 000	Млекопитающие	4500
		Всего	свыше 1 500 000

Таблица 96. Сравнительная характеристика основных классов типа хордовых

Класс	Строение тела				Пищеварительная система	Кровеносная система. Кровь
	отделы тела	покров	скелет			
			туловище	конечности		
Ланцетники	Туловище, хвост, плавник	Однослойный эпидермис, бесструктурный кориум	Хорда	Нет	Пищеварительный канал: рот, глотка, кишечная трубка, печень, анус	Один круг. Холоднокровные
Костные Рыбы	Голова, туловище, хвост, плавники	Кожа, костные чешуи, слизистые железы	Череп. Отделы позвоночника: туловищный и хвостовой. Ребра	Пояса парных конечностей — плечевой и тазовый. Плавники	Рот, глотка, пищевод, желудок, печень, поджелудочная железа, кишечник, анус. Плавательный пузырь — вырост кишечника	Один круг. Холоднокровные
Земноводные	Голова, туловище, передние и задние конечности, может быть хвост	Кожа, многоклеточные слизистые железы	Череп. Отделы позвоночника: туловищный, крестцовый, хвостовой	Пояса передних и задних конечностей, свободные конечности	То же, но вместо ануса клоака	Два круга. Холоднокровные

Пресмыкающиеся	Голова, шея, туловище, хвост, передние и задние конечности	Кожа сухая, линяющая, роговые чешуи, панцирь	Череп. Отделы позвоночника: шейный, грудной, поясничный, крестцовый, хвостовой. Грудная клетка (кроме змей и черепах)			
Птицы	Голова, шея, туловище, хвост, крылья, ноги	Кожа (сухая), роговые перья		То же, но передние конечности превращены в крылья		Два круга. Теплокровные
Млекопитающие	Голова, шея, туловище, хвост, передние и задние конечности	Кожа, потовые, сальные, млечные железы. Волосы (роговое вещество)		Пояса передних и задних конечностей. Свободные конечности	То же, но вместо клоаки анальное отверстие. Слюнные железы. Клоака только у однопроходных	

Окончание табл. 96

Класс	Сердце	Дыхательная система	Выделительная система	Нервная система	Органы чувств	Размножение, оплодотворение, развитие зародыша
Ланцетники	Нет	Жаберные щели в глотке	Выделительные трубочки в каждом сегменте — метанефридии	Нервная трубка	Щупальца, светочувствительные глазки, осязание по всей коже	Яичники и семенники расположены посегментно. Оплодотворение наружное. Развитие зародыша в воде
Костные Рыбы	Двухкамерное	Жабры	Две туловищные почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочевое отверстие	Головной и спинной мозг, нервы. Спинной мозг в спинномозговом канале позвоночника	Глаза, органы слуха, осязания (боковая линия), обоняния, равновесия	В парных или непарных яичниках — икра (яйцеклетки), в семенниках — молоках — сперматозоиды. Оплодотворение наружное
Земноводные	Трехкамерное	Кожа, легкие (у личинок жабры)	Две туловищные почки, мочеточники, мочевой пузырь, клоака		Глаза. Органы слуха, осязания, обоняния, вкуса	В парных яичниках — икра (яйцеклетки), в семенниках — сперматозоиды. Оплодотворение наружное. Развитие головастика в воде

Пресмыкающиеся	Трехкамерное с неполной перегородкой	Легкие	Почки тазовые, мочеточники, мочевой пузырь, клоака	Головной и спинной мозг, нервы. Появляется кора больших полушарий	Глаза, органы слуха, осязания, обоняния, вкуса	В парных яичниках — яйца, в парных семенниках — сперматозоиды. Оплодотворение внутреннее. Развитие зародыша в воздушной среде и в организме матери
Птицы	Четырехкамерное	Легкие. Воздушные мешки	То же, но нет мочевого пузыря	То же. В коре появляются центры зрения, движения		В единственном яичнике — яйца, в семенниках — сперматозоиды. Оплодотворение внутреннее. Развитие зародыша в воздушной среде
Млекопитающие		Легкие	Почки, мочеточники, мочевой пузырь	То же. Развита кора больших полушарий головного мозга, имеющая извилины. В ней — центры органов чувств и регуляции инстинктов	Глаза, уши, органы обоняния, осязания (вибриссы), вкуса	В парных яичниках — яйцеклетки, в семенниках — сперматозоиды. Оплодотворение внутреннее. Развитие зародыша у плацентарных млекопитающих в матке. Выкармливание молоком

ТЕМА. Развитие животного мира на Земле

Развитие наземных организмов в палеозойскую эру. Псилофиты. Мхи. Причины расцвета папоротникообразных. Появление голосеменных. Кистеперые рыбы как предки земноводных. Появление и расцвет древних земноводных. Возникновение пресмыкающихся. Развитие органического мира в мезозойскую эру. Господство голосеменных. Появление и распространение покрытосеменных. Возникновение птиц и млекопитающих. Причины вымирания древних голосеменных и пресмыкающихся. Развитие органического мира в кайнозойскую эру. Господство покрытосеменных, насекомых, птиц и млекопитающих. Появление человекообразных обезьян и человека.

Задание 46

- Повторить учебный материал по теме.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 52.
- Проанализировать таблицу 97, повторить таблицу 79.

Вопросы для самоконтроля

- В какой последовательности можно разместить типы ныне живущих животных по мере их появления в ходе эволюции?
- По каким признакам различают типы беспозвоночных животных?
- Чем отличаются хордовые животные от беспозвоночных?
- Какие беспозвоночные исторически самые молодые?
- В каком геологическом периоде возникли членистоногие?
- Какие членистоногие первыми освоили сушу и в каком периоде?
- Когда появились хордовые животные и где они обитали?
- Какие позвоночные животные и в каком периоде вышли на сушу?
- В какую эру господствовали пресмыкающиеся и каково их эволюционное значение?
- Какие ароморфозы присущи птицам и млекопитающим?
- Когда началось господство птиц и млекопитающих и с чем это связано?
- Что характерно для животного и растительного мира антропогена?
- Что такое Красная книга фауны?
- Какие меры проводятся в нашей стране по охране живой природы?

Контрольная работа № 52

1. Какие виды приспособительной эволюции служат ее движущими силами (идиоадаптации, ароморфозы, дегенерации)?

2. В отложениях какой эры находят следы первых беспозвоночных животных (мезозой, кайнозой, протерозой, палеозой)?
3. Когда появились ланцетники (мезозой, кайнозой, протерозой, палеозой)?
4. Когда началось господство беспозвоночных и бесчерепных (архейская эра, протерозойская эра, палеозойская эра)?
5. На какой период приходится расцвет земноводных (силур, девон, каменноугольный, пермский)?
6. В каком периоде освоили воздушную среду паукообразные (кембрий, ордовик, силур, девон)?
7. Когда началось и продолжалось господство гигантских пресмыкающихся (девон, каменноугольный период, пермь, триас, юра, мел)?
8. Что служило пищей гигантским пресмыкающимся (водоросли, псилофиты, папоротники, голосеменные, покрытосеменные, животные)?
9. Когда начали развиваться первые млекопитающие (пермь, триас, юра, мел, палеоген)?
10. Когда появились первые обезьяны (мел, палеоген, неоген, антропоген)?
11. В каком периоде появился на Земле человек (палеоген, неоген, антропоген, мел)?
12. Какая эра имеет возраст 570 млн лет (архейская, протерозойская, палеозойская, мезозойская, кайнозойская)?

Число видов в разных группах отделов растений

Группа	*Число видов*
Вирусы	800
Бактерии	1400
Синезеленые (цианобактерии)	12 000
Диатомовые и Жгутиковые водоросли	12 000
Зеленые, Красные и Бурые водоросли	8700
Лишайники	20 000
Грибы и Слизевики	100 000
Мхи	35 000
Папоротники, Хвощи, Плауны	10 000
Голосеменные	640
Покрытосеменные	264 000
Ископаемые растения	40 000
Всего	около 500 000

Таблица 97. Развитие животного мира на Земле

Эры	Периоды	Появляющиеся животные	Господствующие животные	Вымирающие животные
Кайнозойская, возраст 62–70 млн лет, продолжительность 67 млн лет	Антропоген	Появление и развитие человека	Современный животный мир	Гигантские млекопитающие (мамонты, саблезубые тигры, безрогие носороги, пещерные медведи и львы)
	Неоген	Человекообразные обезьяны, гигантские млекопитающие	Млекопитающие, птицы, рыбы, парапитеки, дриопитеки, хвостатые лемуры, насекомые	Пресмыкающиеся, головоногие моллюски, сумчатые и яйцекладущие млекопитающие
	Палеоген	Морские млекопитающие, копытные, насекомоядные, низшие обезьяны	Птицы, млекопитающие, рыбы, насекомые, черви, кишечнополостные	Древние млекопитающие, мезозойские пресмыкающиеся, головоногие моллюски (белемниты)
Мезозойская, возраст 240 млн лет, продолжительность 163 млн лет	Меловой	Современные птицы, мелкие плацентарные млекопитающие	Костистые рыбы, первоптицы (зубастые), мелкие млекопитающие, насекомые, корненожки	Гигантские пресмыкающиеся, головоногие моллюски (аммониты)
	Юрский	Зубастые птицы, современные земноводные и пресмыкающиеся	Гигантские пресмыкающиеся, костистые рыбы, насекомые, головоногие моллюски	Древние хрящевые рыбы
	Триасовый	Костистые рыбы, сумчатые и яйцекладущие, мелкие млекопитающие, динозавры	Хищные и травоядные пресмыкающиеся, земноводные, головоногие моллюски	Древние рыбы

Палеозойская, возраст 570 млн лет, продолжительность 340 млн лет	Пермский	Зверозубые пресмыкающиеся, травоядные пресмыкающиеся	Акулы, пресмыкающиеся, морские беспозвоночные, насекомые	Трилобиты, стегоцефалы
	Каменноугольный	Крылатые насекомые, первые пресмыкающиеся, акулы	Стегоцефалы, двоякодышащие рыбы, акулы, наземные членистоногие, насекомые, моллюски	Трилобиты, кистеперые и панцирные рыбы
	Девонский	Двоякодышащие и кистеперые рыбы, стегоцефалы (земноводные), челюстные панцирные рыбы	Моллюски, трилобиты, пауки, скорпионы, панцирные бесчелюстные	Моллюски, корненожки, коралловые полипы
	Силурийский	Паукообразные (скорпионы), бескрылые насекомые, панцирные бесчелюстные	Головоногие моллюски, трилобиты, кораллы, ракоскорпионы	—
	Ордовикский, кембрийский	Первые панцирные, моллюски, ракообразные	Простейшие, губки, черви, кишечнополостные, иглокожие, трилобиты	—
Протерозойская, возраст 2600 млн лет, продолжительность 2000 млн лет		Бесчерепные, черви, кишечнополостные, моллюски, иглокожие, членистоногие (трилобиты)	Простейшие	—
Архейская, возраст 3500 млн лет, продолжительность около 1000 млн лет		Простейшие	—	—

Часть третья
АНАТОМИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ И ГИГИЕНА ЧЕЛОВЕКА

ТЕМА. Предмет «Анатомия, физиология и гигиена человека»

Анатомия, физиология и гигиена человека — науки, изучающие строение и функции организма человека и условия сохранения его здоровья. Гигиенические аспекты охраны окружающей среды.

Человек — вершина эволюции животного мира. На примере строения и деятельности организма человека детально рассматриваются системы органов, органы, ткани и их функции. Общие представления о системах органов, их возникновении в процессе онтогенеза и филогенеза, о постепенном усложнении и совершенствовании их в ходе естественного отбора и приспособления к среде обитания должны сложиться по мере повторения курса зоологии. Строение и функции клетки повторены ранее. Поэтому в данном разделе можно рассмотреть в целом строение тела человека как систему: организм — системы органов — органы — ткани — клетки — органеллы. Целесообразнее начать повторение с тем «Нервная система» и «Железы внутренней секреции» (эндокринная система), поскольку общее представление о всех органах и их функциях уже имеется. Взаимодействие нервной и эндокринной систем, которые управляют работой всего организма, легче прослеживается по мере повторения материала, а такие понятия,



Схема 56. Организм человека как единая целостная система

как нервная и гуморальная («гумор» — жидкость) регуляция, будут восприниматься более осознанно.

На схеме 56 показана взаимосвязь всех систем органов тела. Определяющим (детерминирующим) началом является генотип, а общими регулирующими системами — нервная и эндокринная. Уровни организации от молекулярного до системного характерны для всех органов. Организм в целом представляет собой единую взаимосвязанную систему.

Раздел V. ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

ТЕМА. Общий обзор организма человека

Общее знакомство с организмом человека (органы и системы органов). Элементарные сведения о строении, функциях и размножении клеток. Рефлекс. Краткие сведения о строении и функциях тканей. Ткани (эпителиальная, соединительная, мышечная и нервная).

Общие указания. Ткань — это совокупность клеток, имеющих сходное происхождение, строение и функции. Часто представляют трудности вопросы о нервной ткани. Обратите внимание на то, что нервные клетки (нейроны) имеют различное число разных отростков. Униполярные имеют один отросток — аксон, по которому идет возбуждение в центробежном направлении, например к мышцам от спинного мозга. Биполярный нейрон имеет два длинных отростка; обычно это бывает чувствительный нейрон. По одному длинному отростку — дендрону идет возбуждение от рецепторов в центростремительном направлении к телу нейрона, где происходит передача возбуждения на другой длинный отросток — аксон, который заканчивается в ЦНС. Много коротких отростков — дендритов образуются от тела нейрона и на концах длинных нервных отростков (рис. 108).

Задание 47

- Проанализировать таблицу 98, возвращаясь к ней по мере повторения курса.
- Проанализировать таблицу 99, сопоставив ее со схемой 56 (к таблице обращаться по мере повторения), и рисунок 107.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 53.

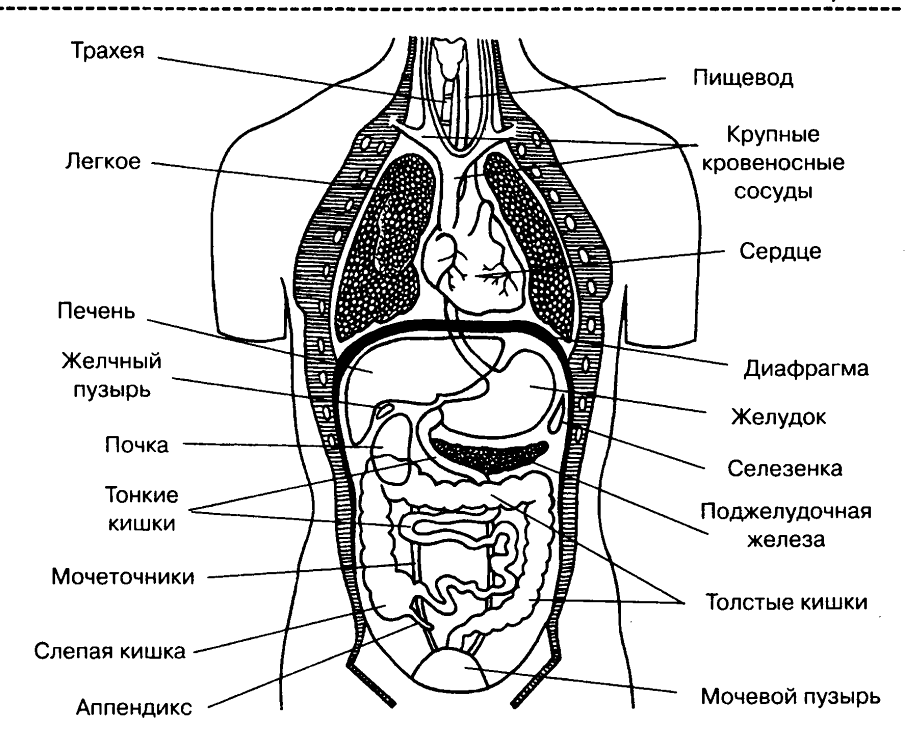


Рис. 107. Взаиморасположение внутренних органов у человека

Вопросы для самоконтроля

- Что служит объектом изучения анатомии?
- Что называется тканью?
- Из каких тканей состоят органы человека?
- Какие ткани формируют опорно-двигательную систему?
- Из каких тканей состоят различные отделы пищеварительной системы?
- Как регулируется деятельность мышц сердечно-сосудистой системы?
- Что изучает предмет физиология?
- Где осуществляются важнейшие физиологические процессы, такие, как ассимиляция и диссимиляция?
- Чем отличаются физиологические процессы от биохимических, происходящих в организме?
- Что изучает наука гигиена?
- Что означают выражения «гигиена труда», «гигиена отдыха», «гигиена зрения», «гигиена слуха», «гигиена тела»?

- Всегда ли слово «гигиена» связано с соблюдением чистоты?
- Какие требования предъявляет гигиена к жилым помещениям, дорожному транспорту, заводским цехам, животноводческим фермам?
- Какие органы в первую очередь страдают от несоблюдения правил гигиены?
- В чем заключается охрана окружающей среды — одна из основных проблем современности?

Контрольная работа № 53

1. Какая из тканей выполняет следующие функции: покровную, секреторную, защитную (мышечная, соединительная, эпителиальная)?

2. Какой вид эпителия вырабатывает секрет (плоский, мерцательный, кубический)?

3. Из какого эпителия образуются ногти и волосы (призматический, переходный, псевдомногослойный, многослойный)?

4. Для какой ткани характерны свойства возбудимости и сократимости (нервная, мышечная, эпителиальная)?

5. Для какой ткани характерны свойства возбудимости и проводимости (нервная, мышечная, эпителиальная)?

6. В какой ткани обязательны две составляющие — клетки и межклеточное вещество (эпителиальная, мышечная, соединительная)?

7. У какой ткани соединение ее элементов осуществляется вставочными дисками (гладкая мышечная, поперечнополосатая скелетная, сердечная мышечная)?

8. Для какой ткани характерно жидкое межклеточное вещество (плотная соединительная ткань, рыхлая соединительная ткань, кровь)?

9. Какие ткани имеют в своем составе коллагеновые (белковые) волокна (кровь, мышечная, хрящевая, костная)?

10. Чем отличается кровь от лимфы (жидкая соединительная ткань, имеет лейкоциты, содержит эритроциты, транспортирует газы)?

11. Какие ткани не возобновляются в процессе жизнедеятельности организма (кровь, костная, хрящевая, мышечная, нервная, эпителиальная)?

Таблица 98. Группы тканей человеческого организма

Группа тканей	Виды тканей	Строение ткани	Местонахождение	Функции
Эпителий	Плоский	Поверхность клеток гладкая. Клетки плотно примыкают друг к другу. Однослойный. Покровный	Поверхность кожи, ротовая полость, пищевод, альвеолы, капсулы нефронов, плевра, брюшина	Покровная, защитная, выделительная (газообмен, выделение мочи)
	Железистый	Железистые клетки, вырабатывающие секрет. Однослойный. Железистый	Железы кожи, желудок, кишечник, железы внутренней секреции, слюнные железы	Выделительная (выделение пота, слез), секреторная (образование слюны, желудочного и кишечного соков, гормонов)
	Мерцательный (реснитчатый)	Состоит из клеток с многочисленными волосками (ресничками). Однослойный. Покровный	Дыхательные пути, спинномозговой канал, желудочки мозга, яйцеводы	Защитная (реснички задерживают и удаляют частицы пыли), организует ток жидкости, перемещение яйцеклетки
	Кубический	Кубические плотно примыкающие друг к другу клетки. Однослойный. Железистый	Канальцы почек, слюнные железы, железы внутренней секреции	Реабсорбция при образовании вторичной мочи, выделение слюны, секретов с гормонами
	Призматический (цилиндрический)	Клетки призматической формы. Однослойный. Покровный	Желудок, кишечник, желчный пузырь, трахея, матка	Слизистая оболочка желудка и кишечника

	Псевдомногослойный	Клетки конической формы лежат в один слой, но чередуясь узкими и широкими концами. Создают двурядное положение ядер. Покровный	Обонятельные зоны, вкусовые сосочки языка, мочевой канал, трахея	Чувствительный эпителий. Восприятие запаха, вкуса, наполнение мочевого пузыря, ощущение присутствия посторонних частиц в трахее
	Переходный	Многослойный эпителий, способный растягиваться. Его поверхность не слущивается. Покровный	Мочевой пузырь, мочеточники, почечная лоханка	Растягивается у органов, изменяющих свой объем
	Многослойный	Ороговевающий. Ороговевают верхние слои клеток. Покровный	Кожа, волосы, ногти	Защитная, терморегулирующая, покровная
		Неороговевающий. Покровный	Пищевод, внутренняя поверхность щек, полость носа, влагалище, роговица	Защита от механических повреждений
Нервная	Нервные клетки (нейроны)	Тела нервных клеток — нейронов, разнообразные по форме и величине, до 0,1 мм в диаметре	Образуют серое вещество головного и спинного мозга	Высшая нервная деятельность. Связь организма с внешней средой. Центры условных и безусловных рефлексов. Нервная ткань обладает свойствами возбудимости и проводимости

Продолжение табл. 98

Группа тканей	Виды тканей	Строение ткани	Местонахождение	Функции
		Короткие отростки нейронов — древовидноветвящиеся дендриты	Соединяются с отростками соседних клеток	Передают возбуждение одного нейрона на другой, устанавливая связь между всеми органами тела
		Длинные отростки нейронов — дендроны длиной более 1 м	Соединяют рецепторы с телом чувствительного нейрона по центростремительному нерву	Передают возбуждение от рецепторов по чувствительным нейронам к нервной клетке (телу нейрона)
		Нервные волокна — аксоны (нейриты) — длинные выросты нейронов до 1 м длины. В органах заканчиваются ветвистыми нервными окончаниями	Нервы периферической нервной системы, которые иннервируют все органы тела	Проводящие пути нервной системы. Передают возбуждение от нервной клетки к периферии по центробежным нейронам
	Нейроглия	Нейроглия состоит из клеток нейроцитов	Находятся между нейронами	Опора, питание, защита нейронов
Соединительная	Плотная волокнистая	Группы плотно лежащих волокон, состоящих из белка коллагена, почти без межклеточного вещества	Собственно кожа, сухожилия, связки, оболочки кровеносных сосудов, роговица глаза	Покровная, защитная, двигательная

Рыхлая волокнистая	Рыхло расположенные волокна и клетки, переплетающиеся между собой. Межклеточное вещество бесструктурное, с тучными и жировыми клетками	Подкожная жировая клетчатка, околосердечная сумка, проводящие пути нервной системы, кровеносные сосуды, брыжейки	Соединяет кожу с мышцами, поддерживает органы в организме, заполняет промежутки между органами. Участвует в терморегуляции тела
Хрящевая (гиалиновая, эластическая, волокнистая)	Живые круглые или овальные клетки хондроциты, лежащие в капсулах. Коллагеновые волокна. Межклеточное вещество плотное, упругое, прозрачное	Межпозвонковые диски, хрящи гортани, трахей, ребер, ушная раковина, поверхность суставов, основания сухожилий, скелет зародыша	Сглаживание трущихся поверхностей костей. Защита от деформации дыхательных путей, ушных раковин. Присоединение сухожилий к костям
Костная компактная и губчатая	Живые клетки остеоциты с длинными отростками, соединенные между собой. Коллагеновые волокна. Межклеточное вещество — неорганические соли кальция и фосфора, белок оссеин	Кости скелета	Опорная, двигательная, защитная, кроветворная
Кровь и лимфа	Жидкая соединительная ткань. Состоит из форменных элементов и плазмы (жидкости с растворенными в ней органическими и минеральными веществами)	Кровеносная и лимфатическая системы всего организма	Разносит кислород и питательные вещества по всему организму. Собирает углекислый газ и продукты диссимиляции. Обеспечивает постоянство внутренней среды, химический и газовый состав организма. Защитная (иммунитет — выработка антител). Регуляторная (гуморальная — разносит гормоны)

Окончание табл. 98

Группа тканей	Виды тканей	Строение ткани	Местонахождение	Функции
Мышечная	Поперечнополосатая	Многоядерные волокна цилиндрической формы длиной до 10 см, исчерченные поперечными полосами (нитями актина и миозина)	Скелетные мышцы, сердечная мышц (у этой мышцы волокна соединены вставочными дисками)	Имеет свойства возбудимости и сократимости. Произвольные движения тела и его частей, мимика лица, речь (подконтрольная соматической нервной системе) Непроизвольные сокращения (автоматия) сердечной мышцы для проталкивания крови через камеры сердца (эта мышца подконтрольная вегетативной нервной системе)
	Гладкая	Одноядерные клетки с заостренными концами длиной до 0,5 мм	Стенки пищеварительного тракта, кровеносных и лимфатических сосудов, мышцы кожи	Имеет свойства возбудимости и сократимости. Непроизвольные сокращения стенок внутренних полых органов. Поднятие волос на коже. Подконтрольная вегетативной нервной системе

Таблица 99. Организм человека

Система органов	Части системы	Органы и их части	Ткани, из которых состоят органы	Функции
Опорно-двигательная	Скелет	Череп, позвоночник, грудная клетка, пояса верхних и нижних конечностей, свободные конечности	Костная, хрящевая, связки (плотная соединительная ткань), надкостница	Опора тела, защита. Движение. Кроветворение
	Мышцы	Скелетные мышцы головы, туловища, конечностей. Диафрагма. Стенки внутренних органов	Поперечнополосатая мышечная ткань. Сухожилия (плотная соединительная ткань). Гладкая мышечная ткань	Движение тела посредством работы мышц сгибателей и разгибателей. Мимика, речь. Движение стенок внутренних органов, дыхательные движения
Кровеносная	Сердце	Четырехкамерное сердце. Околосердечная сумка	Поперечнополосатая мышечная ткань. Соединительная ткань (рыхлая)	Взаимосвязь всех органов организма. Связь с внешней средой. Выделение через легкие, почки, кожу. Защитная (иммунитет — выработка антител). Регуляторная (гуморальная — разносит гормоны). Обеспечение организма питательными веществами, кислородом
	Сосуды	Артерии, вены, капилляры, лимфатические сосуды	Гладкая мышечная ткань, эпителий, жидкая соединительная ткань — кровь, рыхлая и плотная соединительная ткань	
Дыхательная	Легкие	Левое легкое — из двух долей, правое — из трех. Два плевральных мешка	Однослойный плоский эпителий, плотная соединительная ткань	Проведение вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, водяного пара. Газообмен между воздухом и кровью, выделение продуктов обмена

Окончание табл. 99

Система органов	Части системы	Органы и их части	Ткани, из которых состоят органы	Функции
	Дыхательные пути	Нос, носоглотка, гортань, трахея, бронхи (левый и правый), бронхиолы, альвеолы легких	Гладкая мышечная ткань, хрящ, мерцательный эпителий, плотная соединительная ткань	Проведение вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, водяного пара. Газообмен между воздухом и кровью, выделение продуктов обмена
Пищеварительная	Пищеварительные железы	Слюнные железы, желудок, печень, поджелудочная железа, мелкие железы кишечника	Гладкая мышечная ткань, призматический железистый эпителий, соединительная ткань	Образование пищеварительных соков, ферментов, гормонов. Переваривание пищи
	Пищеварительный тракт	Рот, глотка, пищевод, желудок, тонкая кишка (двенадцатиперстная, тощая, подвздошная), толстая кишка (слепая, ободочная; прямая), анальное отверстие	Гладкая мышечная ткань, многослойный, призматический эпителий, рыхлая соединительная ткань	Переваривание, проведение и всасывание переваренной пищи. Образование каловых масс и выведение их наружу
Покровная	Кожа	Эпидермис, собственно кожа (дерма), подкожная жировая клетчатка	Многослойный эпителий, гладкая мышечная ткань, соединительная ткань рыхлая и плотная	Покровная, защитная, терморегуляционная, выделительная, осязательная

Мочевыделительная	Почки	Две почки, мочеточники, мочевой пузырь, мочеиспускательный канал	Гладкая мышечная ткань, переходный плоский эпителий, рыхлая соединительная ткань	Выведение продуктов диссимиляции, поддержание постоянства внутренней среды, защита организма от самоотравления, связь организма с внешней средой, осуществление водно-солевого обмена
Половая	Женские половые органы	Внутренние (яичники, матка) и наружные половые органы	Гладкая мышечная ткань. Ресничный, призматический эпителий, неороговевающий эпителий. Плотная соединительная ткань. Ткани кожи	Образование женских половых клеток (яйцеклеток) и гормонов; развитие плода
	Мужские половые органы	Внутренние и наружные половые органы		Образование мужских половых клеток (сперматозоидов) и гормонов
Эндокринная	Железы	Гипофиз, эпифиз, щитовидная, надпочечники, поджелудочная, половые, вилочковая железы	Железистый эпителий	Образование гормонов. Гуморальная регуляция и координация деятельности органов и организма
Нервная	Центральная	Головной мозг, спинной мозг	Нервная ткань, нейроглия	Высшая нервная деятельность. Информационная связь организма с внешней средой. Регуляция работы внутренних органов и поддержание постоянства внутренней среды. Осуществление произвольных и непроизвольных движений, условных и безусловных рефлексов
	Периферическая	Соматическая нервная система, вегетативная нервная система		
	Анализаторы	Зрительный, слуховой, вкусовой, обонятельный, осязательный, вестибулярный	Нервная ткань, соединительная, костная, эпителий псевдомногослойный, многослойный	

ТЕМА. Нервная система

Значение нервной системы. Строение и функции спинного мозга и отделов головного мозга: продолговатого, среднего, промежуточного, мозжечка. Большие полушария головного мозга. Значение коры больших полушарий. Понятие о вегетативной нервной системе.

Задание 48

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Изучить рисунки 108–110 и структуру таблицы 100, схему 57.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 54.
- Проанализировать таблицы 101–104, рисунки 111–113.

Вопросы для самоконтроля

- На какие отделы подразделяется нервная система хордовых животных?
- Чем отличается нервная система беспозвоночных животных от нервной системы хордовых?
- Из чего состоит нерв?
- Из какого зародышевого листка образуется нервная трубка, спинной и головной мозг?
- Какие функции выполняет соматическая (сома — тело) нервная система?
- Что входит в состав центральной нервной системы?
- На какие части подразделяется периферическая нервная система?
- Что такое рефлекторная дуга и что по ней передается?
- Что называют рецептором, анализатором?
- Рефлекторные дуги каких рефлексов проходят через спинной и головной мозг, а каких — только через головной?
- Что такое центростремительный нейрон, промежуточный нейрон, ганглий, центробежный нейрон?
- От чего зависит тонус мышц и координация движений?
- Какие функции выполняет вегетативная нервная система?
- Как устроен спинной мозг?
- Из чего состоит серое вещество мозга и белое вещество мозга?
- Где лежат центральные нейроны парасимпатических нервов?
- Какие мышцы иннервируются (управляются) симпатическими и парасиматическими нервами?
- Из каких отделов состоит головной мозг человека и каково их происхождение?
- Какими оболочками покрыт головной и спинной мозг?
- Каково строение коры больших полушарий головного мозга?
- На какие доли делят кору больших полушарий?
- Какие главные борозды проходят через кору больших полушарий?

- Где расположена кожно-чувствительная зона и чем управляют ее различные участки?
- В какой доле больших полушарий мозга находится зрительная зона, слуховая зона правого и левого уха?
- Где находятся обонятельная и вкусовая зоны?
- Чем защищены головной и спинной мозг?
- Какие желудочки мозга имеются и какова их роль?
- Каково значение соматической и вегетативной нервной системы для жизнедеятельности человека?
- Что такое синапс, медиатор?
- Какая нервная система — вегетативная или соматическая — играет главную роль в возникновении условных и безусловных рефлексов?

Контрольная работа № 54

1. Какова роль соматической нервной системы (управление движениями, управление органами чувств, управление работой сердца, желудка, управление высшей нервной деятельностью)?
2. Какие органы иннервирует вегетативная нервная система (сердце, желудок, сосуды, почки, мышцы руки, мышцы лица)?

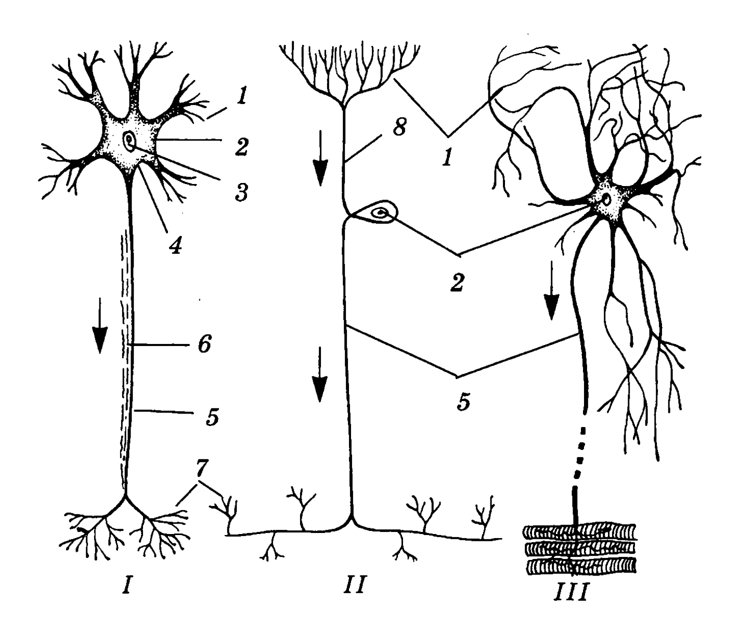


Рис. 108. Три типа нейронов:
I — униполярный нейрон (двигательный, центробежный), *II* — псевдобиполярный нейрон (чувствительный, центростремительный), *III* — мультиполярный нейрон (головной мозг); *1* — дендриты (короткие отростки), *2* — тело нейрона, *3* — клеточное ядро, *4* — цитоплазма, *5* — аксон (длинный отросток), *6* — шванновская клетка (окружает аксон, образуя миелиновую, разной толщины, оболочку нервного волокна), *7* — окончания аксона, *8* — дендрон

3. Из чего состоит серое вещество мозга (нервные клетки, отростки, нервные волокна)?
4. Какова масса мозга взрослого человека (100, 600, 1400, 2000 г)?
5. Что такое рецептор (глаз, ухо, язык, клетка с окончанием центростремительного нерва)?
6. По какому пути идет сигнал от глаза в зрительную зону коры больших полушарий (рецептор, центробежный нейрон, центростремительный нейрон)?
7. Какова последовательность пути возбуждения при ожоге руки (рецептор, центробежный нейрон, центростремительный нейрон, вставочный нейрон, серое вещество спинного мозга, кора больших полушарий)?
8. Сколько пар черепно-мозговых нервов отходят от головного мозга (10, 12, 20)?
9. Каким периферическим нервам свойственна совокупность следующих функций: чувствительная, двигательная, смешан-

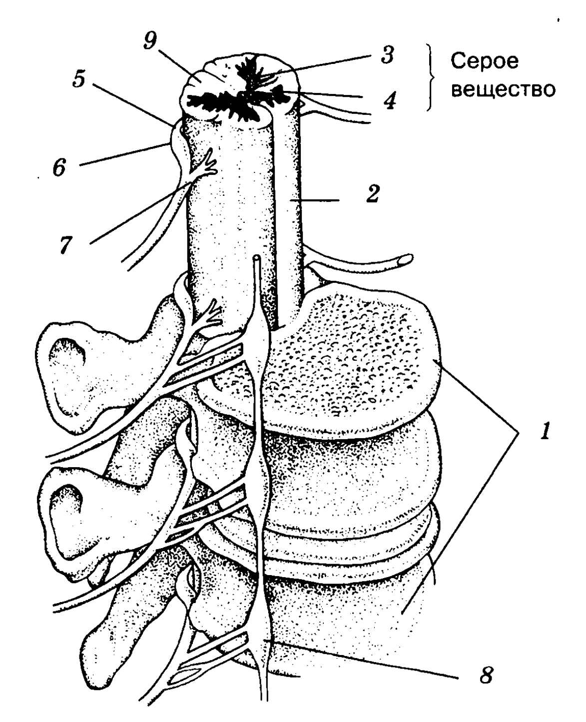


Рис. 109. Сегмент спинного мозга (схема):
1 — позвоночник, *2* — спинной мозг, *3* — задний рог серого вещества, *4* — передний рог серого вещества, *5* — чувствительный корешок, *6* — центростремительный (чувствительный) ганглий, *7* — передний корешок (двигательный), *8* — симпатические ганглии вне спинного мозга, 9 — белое вещество

ная (спинномозговые, черепно-мозговые, симпатические, парасимпатические)?

10. Воздействие каких нервов вызывает учащение сердцебиения, сужение сосудов (спинномозговые, черепно-мозговые, симпатические, парасимпатические)?

11. Какая система органов совместно с вегетативной нервной системой управляет деятельностью внутренних органов (головной мозг, спинной мозг, сердечно-сосудистая, железы внутренней секреции)?

12. Какая система органов осуществляет непосредственную связь с внешней средой (вегетативная нервная система, центральная нервная система, соматическая нервная система, органы чувств)?

13. В каком отделе головного мозга расположены железы внутренней секреции гипофиз и эпифиз (передний, промежуточный, средний мозг)?

14. В каком отделе головного мозга расположены жизненно важные центры — дыхания, сердцебиения, пищеварения (мост, мозжечок, продолговатый мозг)?

15. В каком отделе спинного мозга отходят парасимпатические нервы (грудной, поясничный, крестцовый)?

16. Какая структура ствола головного мозга вырабатывает нейрогормоны (таламус, гипоталамус, мост, эпиталамус)?

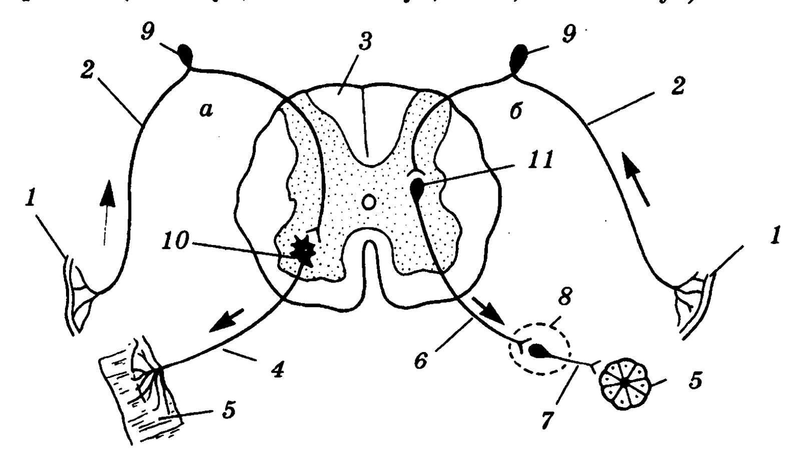


Рис. 110. Схема рефлекторной дуги соматического (*а*) и вегетативного (*б*) рефлексов:

1 — рецептор, *2* — чувствительный нерв, *3* — спинной мозг, *4* — двигательный нерв, *5* — рабочий орган (мышца, железа), *6* — преганглионарное нервное волокно, *7* — постганглионарное нервное волокно, *8* — вегетативный ганглий, *9* — чувствительный ганглий, *10* — ганглий двигательного нейрона, *11* — ганглий симпатического нейрона (в боковом роге)

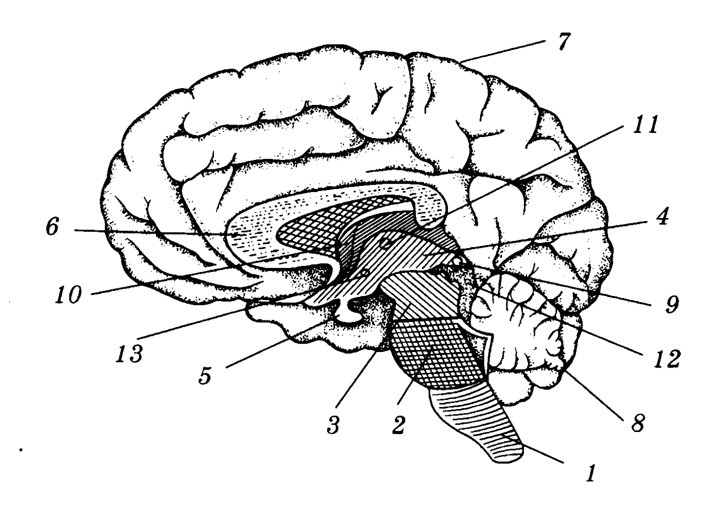


Рис. 111. Продольный разрез головного мозга человека:
1 — продолговатый мозг, *2* — варолиев мост, *3* — средний мозг, *4* — промежуточный мозг, *5* — гипофиз, *6* — мозолистое тело, *7* — правое полушарие, *8* — полушарие мозжечка, *9* — эпиталамус, *10* — свод мозга, *11* — таламус, *12* — четверохолмие, *13* — гипоталамус

Центральная борозда
Теменная доля
Кожно-чувствительная зона
Зрительная зона
Мышечные движения
Нога
Рука
Лицо
Двигательная зона (впереди центральной борозды)
Лобная доля
Зона обоняния
Чувствительная зона (позади центральной борозды)
Слуховая зона
Мозжечок
Боковая борозда
Затылочная доля
Височная доля
Продолговатый мозг

Рис. 112. Большое полушарие головного мозга человека (вид сбоку)

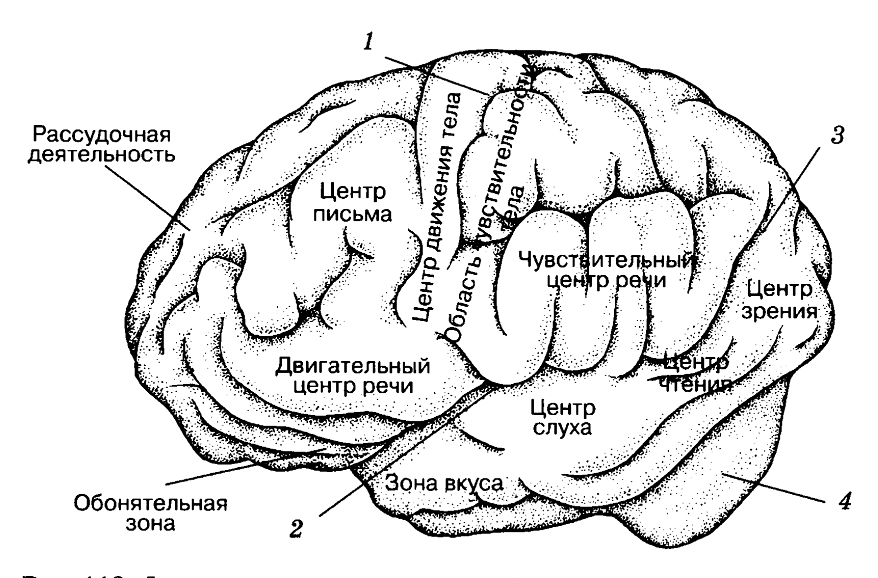


Рис. 113. Функциональные зоны коры больших полушарий:
1 — центральная борозда, *2* — боковая борозда, *3* — теменно-затылочная борозда, *4* — мозжечок

Таблица 100. Сравнительная характеристика типов возбуждения живой клетки

Признак	Местное возбуждение	Распространяющееся возбуждение (потенциал действия — ПД)
Каким объектам свойственно	Участкам клеточной мембраны, специализированным для восприятия внешних раздражений или раздражений, приходящих от других нервных клеток	Нервным, мышечным, некоторым железистым животным и растительным клеткам
Результат	По достижении пороговой величины приводит к возникновению потенциала действия	В нервных окончаниях вызывает секрецию медиаторов, оказывающих возбуждающее или тормозящее воздействие на иннервируемые ткани, а в мышечных клетках активирует сократительный аппарат миофибрилл

Окончание табл. 100

Признак	Местное возбуждение	Распространяющееся возбуждение (потенциал действия — ПД)
Физическая основа	Деполяризация участка клеточной мембраны	Волна деполяризации, пробегающая по мембране клетки
Когда возникает	Сразу после раздражения	После достижения местным возбуждением пороговой величины
Порог	Не имеет	Имеет
Зависимость от силы воздействия раздражителя	Зависит (возрастает по мере увеличения силы действия раздражителя, уменьшается при уменьшении силы его воздействия)	Не зависит (увеличение силы действия раздражителя не влияет на амплитуду и длительность ПД)
Амплитуда	Меняется в зависимости от характеристик раздражителя	Постоянна для каждого вида, сразу достигает максимальной величины
Отношение к закону «все или ничего»	Не подчиняется данному закону	Подчиняется данному закону
Способы кодирования информации о раздражителе	Амплитуда и длительность возбуждения	Частота импульса, изменение частоты импульсов во времени, длительность всего «импульсного залпа»
Способность к распространению по клеточной мембране	Не способно	Способно (скорость распространения по немиелинизированным нервным волокнам составляет 0,2–5 м/с, по миелинизированным — достигает 150–180 м/с)
Способность к передаче информации по нервным проводникам	Не способно	Способно; передается в виде нервного импульса без затухания амплитуды
Восприимчивость клетки к раздражениям во время данного возбуждения	Клетка восприимчива	Клетка полностью рефрактерна (невосприимчива)

Схема 57. Структура нервной системы

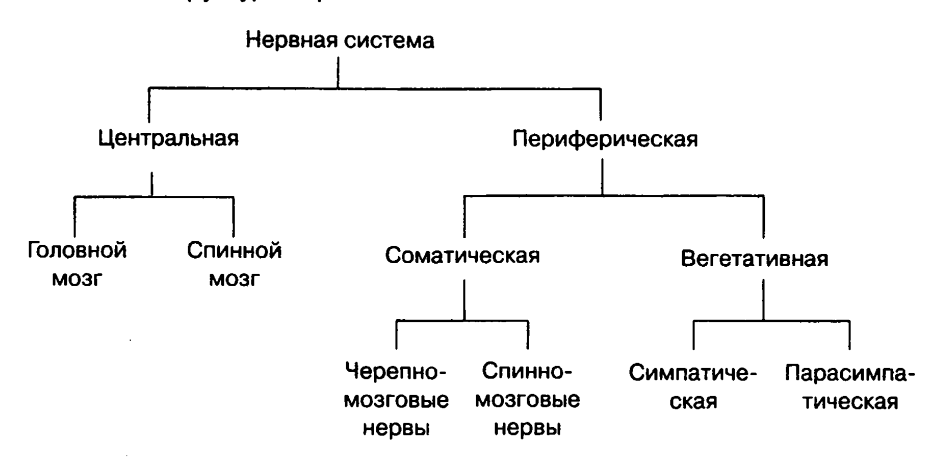


Таблица 101. Расположение жизненно важных нервных центров в головном мозге

Отдел головного мозга	Нервные центры
Продолговатый мозг	Центры, регулирующие ритм сердца, кровяное давление, частоту и глубину дыхания, центры безусловных пищевых рефлексов: сосания, глотания, слюноотделения; центры защитных рефлексов: чихания, рвоты, кашля, мигания, слезоотделения
Варолиев мост	Ядра, переключающие импульсы на мозжечок; центры, регулирующие работу слюнных и слезных желез, жевательных и мимических мышц, вкусовой чувствительности
Мозжечок	Осуществляет поддержание равновесия или определенной позы, координацию быстрых и точных движений. (На ранних этапах выработки навыка, тогда, когда необходимы волевые усилия — например, при обучении ходьбе, плаванию, езде на велосипеде, — мозжечком управляет кора; после выработки навыка мозжечок принимает на себя функцию рефлекторного контроля, которая осуществляется уже без участия сознания.)
Средний мозг	Центры ориентировочных рефлексов зрения (расширение и сужение зрачка, зажмуривание и движение глаза), слуха, центры поддержания тонуса скелетных мышц, центры бессознательных стереотипных движений

Продолжение табл. 101

Отдел головного мозга	Нервные центры
Промежуточный мозг	Таламус (зрительный бугор) — центр всех видов чувствительности (за исключением обонятельных, вкусовых и слуховых); центры, регулирующие и координирующие внешние проявления эмоций, центры, поддерживающие состояние внимания, центры боли и удовольствия. Гипоталамус (подбугорье). 1. Главный координирующий и регулирующий центр вегетативной нервной системы — здесь находятся высшие центры, участвующие (через продолговатый и спинной мозг) в регуляции сердечного ритма, кровяного давления, дыхания и перистальтики. 2. Включает в себя зрительный перекрест, передающий нервный импульс зрительного анализатора из левого глаза в правое полушарие переднего мозга, а из правого глаза — в левое полушарие. 3. Центры голода, жажды и сна; центры поведенческих реакций, связанных с агрессивностью и размножением. 4. Вырабатывает нейрогормоны — вазопрессин и окситоцин. 5. Осуществляет трансформацию нервных импульсов в эндокринный процесс, контролирует работу гипофиза и вместе с ним образует единый структурно-функциональный комплекс (гипоталамо-гипофизарная система). Гипофиз — железа внутренней секреции; его передняя доля вырабатывает гормоны, являющиеся регуляторами других эндокринных желез (соматотропин, гонадотропин, липотропин и др.); задняя доля выделяет в кровь гормоны вазопрессин и окситоцин (выработанные гипоталамусом). Эпиталамус (надбугорье) включает в себя эпифиз, который вырабатывает гормоны меланотонин и серотонин. Ядра эпиталамуса участвуют в работе обонятельного анализатора.
Передний мозг (большие полушария)	1. Кора больших полушарий: — чувствительные зоны (зрительная, слуховая, кожно-мышечная, центры обоняния и вкуса) — «входные» участки коры. По восходящим нервным путям они получают информацию от большинства рецепторов тела и таким образом участвуют в формировании ощущений;

Окончание табл. 101

Отдел головного мозга	Нервные центры
Передний мозг (большие полушария)	— двигательные зоны — «выходные» области коры. В них возникают двигательные импульсы, идущие затем по нисходящим путям к скелетным мышцам. Эти зоны ответственны за четкие координированные движения; — ассоциативные зоны связывают различные области коры, интегрируют все импульсы, поступающие в мозг. Деятельность этих зон связана со сложными формами поведения и высшей нервной деятельностью (условные и безусловные рефлексы, вторая сигнальная система) и лежит в основе высших психических функций и высших эмоций. 2. Подкорковые ядра (базальные ядра, базальные ганглии) — регулируют инстинктивное поведение и двигательную активность (вместе с промежуточным и средним мозгом)

Таблица 102. Сравнительная характеристика отделов периферической нервной системы

Признак	Соматическая нервная система	Вегетативная нервная система
Какие органы и системы иннервирует	Скелетная мускулатура (поперечнополосатая мышечная ткань), суставы, сухожилия	Гладкая мускулатура органов, железы, сердечная мышца
Подконтрольность сознанию	Подконтрольна	Не подконтрольна, автономна
Расположение управляющих центров	Кора больших полушарий	Промежуточный, средний, продолговатый и спинной мозг
Местоположение центробежного нервного узла (ганглия)	В передних рогах спинного мозга	В средних рогах и в передних корешках спинного мозга. Парные узлы, расположенные в два ряда
Наличие вторых узлов (ганглиев) вне центральной нервной системы	Отсутствуют	Имеются (вблизи спинного мозга — у симпатической, вблизи органов — у парасимпатической системы)

Окончание табл. 102

Признак	Соматическая нервная система	Вегетативная нервная система
Наличие миелиновой оболочки	Имеется на всем протяжении нерва	Имеется лишь до узла, после узла отсутствует
Скорость проведения нервного импульса	Высокая (30–120 м/с)	Низкая (1–3 м/с)

Таблица 103. Сравнительная характеристика отделов вегетативной нервной системы

Признак	Симпатическая система	Парасимпатическая система
Место выхода нервов из ЦНС	Отходят от спинного мозга в шейном, поясничном и грудном отделах. Один нервный узел находится в копчиковом отделе	Отходят от ствола головного мозга и от крестцового отдела спинного мозга
Местоположение второго нервного узла (ганглия)	Узлы расположены парами по обе стороны спинного мозга (вблизи него), за исключением нервных сплетений (солнечное, сердечное, легочное), где узлы находятся непосредственно в этих сплетениях	В иннервируемом органе или вблизи него
Послеузловое (постганглионарное) волокно	Длинное	Короткое
Предузловое (преганглионарное) волокно	Короткое	Длинное
Количество послеузловых (постганглионарных) волокон	Волокна многочисленны	Волокна немногочисленны
Медиаторы, участвующие в рефлекторной дуге	В предузловом (преганглионарном) волокне — ацетилхолин, в послеузловом (постганглионарном) — норадреналин	В обоих волокнах — ацетилхолин

Окончание табл. 103

Признак	Симпатическая система	Парасимпатическая система
Медиатор, освобождающийся в эффекторе	Норадреналин	Ацетилхолин
Названия основных узлов или нервов	Солнечное, легочное и сердечное сплетения, брыжеечный узел	Блуждающий нерв

Таблица 104. Эффекты действия симпатической и парасимпатической систем в организме

Орган	Симпатическая система	Парасимпатическая система
Голова	Расширяет зрачки. Угнетает слюноотделение	Сужает зрачки. Стимулирует слезотечение
Сердце	Повышает частоту и амплитуду сокращений, расширяет сосуды сердца	Уменьшает частоту и амплитуду сокращений
Кровеносная система	Сужает артериолы кишечника и гладких мышц; расширяет артериолы мозга и скелетных мышц. Повышает кровяное давление. Увеличивает объем крови за счет сокращения селезенки	Поддерживает постоянный тонус артериол кишечника, гладких мышц, мозга и скелетных мышц. Снижает кровяное давление
Легкие	Расширяет бронхи и бронхиолы. Усиливает вентиляцию легких	Сужает бронхи и бронхиолы. Уменьшает вентиляцию легких
Кишечник	Угнетает перистальтику. Угнетает секрецию пищеварительных соков. Усиливает сокращение анального сфинктера	Усиливает перистальтику. Стимулирует секрецию пищеварительных соков. Угнетает сокращение анального сфинктера
Кожа	Вызывает сокращение мышц, приподнимающих волосы. Сужает артериолы в коже конечностей. Усиливает потоотделение	Расширяет артериолы в коже лица
Почки	Увеличивает реадсорбцию, уменьшает диурез, удаляет с мочой лишний сахар	Уменьшает реадсорбцию, увеличивает выделение с мочой хлоридов

Окончание табл. 104

Орган	Симпатическая система	Парасимпатическая система
Мочевой пузырь	Усиливает сокращение сфинктера мочевого пузыря	Расслабляет сфинктер мочевого пузыря, способствуя его опорожнению
Эффект воздействия на организм:		
общий	Возбуждающий	Тормозящий
интенсивность обмена	Повышает	Снижает или не влияет
ритмические формы активности	Усиливает	Снижает
пороги чувствительности	Снижает	Восстанавливает до нормального уровня
Условия активизации	Доминирует во время опасности, стресса и активности; контролирует реакции на стресс	Доминирует в покое; контролирует физиологические функции в повседневных условиях

ТЕМА. Железы внутренней секреции

Значение желез внутренней секреции. Понятие о гормонах. Гормоны поджелудочной железы, надпочечников. Роль гормональной регуляции в организме.

Задание 49

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 55.
- Проанализировать таблицу 105.

Вопросы для самоконтроля

- Какие железы являются железами внутренней, внешней и смешанной секреции?
- Что такое гормоны?
- Что означает понятие «гуморальный»?
- В чем заключается гуморальная регуляция работы органов?

- Где находится щитовидная железа и какой гормон она вырабатывает?
- Каково значение тироксина для организма?
- Какие нарушения в строении и функциях организма наблюдаются при избытке или недостатке тироксина?
- Каковы признаки базедовой болезни?
- Где находится гипофиз и какова его роль?
- Почему гипофиз называют главной железой внутренней секреции?
- Где расположены надпочечники, поджелудочная железа?
- Какова роль гормонов адреналина, инсулина?
- Что контролирует и регулирует деятельность желез внутренней секреции?
- Какой гормон является антагонистом инсулина?
- Какие из желез внутренней секреции продуцируют нейрогормоны — адреналин, норадреналин, мелатонин, серотонин?

Контрольная работа № 55

1. Куда непосредственно попадают гормоны, вырабатывающиеся в железах внутренней секреции (кишечник, тканевая жидкость, кровяное русло, нервные клетки, поверхность кожи)?
2. Каково значение гормонов (регуляция функций органов, рост организма, развитие организма, регуляция обмена веществ)?
3. Что регулирует моментальные реакции организма (гормоны, периферическая нервная система, центральная нервная система)?
4. Какой химический элемент является действующим началом в тироксине — гормоне щитовидной железы (бром, калий, йод, железо)?
5. Какие болезни развиваются при недостатке гормона щитовидной железы (микседема, базедова болезнь, гигантизм, кретинизм)?
6. Какая из желез внутренней секреции управляет всеми гормональными процессами организма (щитовидная, паращитовидная, надпочечники, гипофиз, поджелудочная)?
7. С нарушением функции какой железы у взрослого человека связана болезнь акромегалия — увеличение стоп и кистей, мягких тканей лица (щитовидная железа, гипофиз, надпочечники)?
8. Что влияет на функции желез внутренней секреции (сознание, центральная нервная система, гормоны гипофиза и гипоталамуса, вегетативная нервная система)?
9. Что служит непосредственным источником секреции гормонов в организме (пища, свет, воздух, сам организм)?
10. Влияет ли окружающая среда на функцию желез внутренней секреции (да, нет)?

Таблица 105. Железы внутренней секреции

Железы	Расположение	Строение	Гормоны	Воздействие на организм		
				Норма	Гиперфункция (избыточное действие)	Гипофункция (недостаточное действие)
Гипофиз	В промежуточном мозге под гипоталамусом	Мозговой придаток, состоящий из трех частей: передней, промежуточной и задней долей	Ростовые (соматотропин)	Регулируют рост организма в молодом возрасте	В молодом возрасте вызывают гигантизм, у взрослых — болезнь акромегалию	Задерживают рост (карликовость), при этом пропорции тела и умственное развитие остаются нормальными
			Регуляторные (липотропин, меланотропин, гонадотропин, тиреотропин, кортикотропин, вазопрессин)	Регулируют деятельность половых и щитовидной желез, надпочечников, жировой обмен, пигментацию кожи	Усиление гормональной активности всех желез	Усиление отделения воды при образовании вторичной мочи (потеря воды), отсутствие пигментации кожи, ожирение
Щитовидная	Поверх щитовидного хряща гортани	Две доли, состоящие из пузырьков и соединенные перемычкой	Тироксин, содержащий йод, трийодтиронин, кальцетонин	С кровью разносятся по организму, регулируя обмен веществ. Повышают возбудимость нервной системы. Регулируют	Базедова болезнь, выражающаяся в повышении обмена веществ, возбудимости нервной системы, развитии зоба,	Микседема, выражающаяся в понижении обмена веществ, возбудимости нервной системы, отечности, ожирении.

				минеральный обмен кальция и фосфора	похудении	В молодом возрасте — карликовость и кретинизм
Эпифиз	В промежуточном мозге (на крыше)	Шишковидное тело, связанное с эпиталамусом	Серотонин, меланотонин	Регулируют половое созревание	Недоразвитие половых желез и вторичных половых признаков	Преждевременное половое созревание
Надпочечники	Над верхней частью почек	Двухслойные. Наружный слой — корковый	Кортикоиды (глюкокортикоиды, минералокортикоиды, половые гормоны, альдостерон)	Регулируют обмен минеральных и органических веществ, выделение половых гормонов, подавляют аллергические и воспалительные реакции	Раннее половое созревание с быстрым прекращением роста. У взрослых — нарушение проявления вторичных половых признаков	Бронзовая болезнь (бронзовый оттенок кожи, слабость, похудение). Удаление коры надпочечников вызывает смерть вследствие потери большого количества натрия
		Внутренний слой — мозговой	Адреналин, норадреналин	Ускоряет работу сердца, сужает кровеносные сосуды, тормозит пищеварение, расщепляет гликоген	Учащенное сердцебиение, повышение пульса и кровяного давления, особенно при испуге, страхе, гневе, радости	Практически не наблюдается, так как количество данных гормонов регулируется нервной системой

Окончание табл. 105

Железы	Расположение	Строение	Гормоны	Воздействие на организм		
				Норма	Гиперфункция (избыточное действие)	Гипофункция (недостаточное действие)
Поджелудочная железа	Брюшная полость ниже желудка (слева)	«Островки» клеток (островки Лангерганса), расположенные в разных местах железы β-клетки	Инсулин	Регулирует содержание глюкозы в крови, синтез гликогена из избытка глюкозы, отложение жира	Шок, сопровождающийся судорогами и потерей сознания в результате падения уровня глюкозы в крови	Сахарный диабет, при котором повышается уровень глюкозы в крови, появляется сахар в моче
		α–клетки	Глюкагон	Регулирует образование глюкозы из гликогена	Повышение уровня глюкозы в крови, стимулирует расщепление жира	Нарушается синтез инсулина и уровень глюкозы в крови

ТЕМА. Опорно-двигательная система

Значение опорно-двигательной системы. Строение скелета человека. Соединения костей: неподвижные, полуподвижные, суставы. Состав, строение (макроскопическое), рост костей. Мышцы, их строение и функции. Нервная регуляция деятельности мышц. Движения в суставах. Рефлекторная дуга. Работа мышц. Влияние ритма и нагрузки на работу мышц. Утомление мышц. Предупреждение искривления позвоночника и развития плоскостопия.

Задание 50 (скелет)

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля, рассмотреть рисунки 114, 115, 119–121.
- Выполнить контрольную работу № 56.
- Дать подписи к рисункам 116–118.
- Проанализировать таблицы 106–108, схему 58.

Вопросы для самоконтроля

- Каково значение костно-мышечной системы?
- Какую роль сыграл скелет при выходе животных на сушу?
- Какие функции выполняют кости?
- Как классифицируют кости по форме?
- Как устроены плоские кости?
- Какие кости первыми появились в процессе эволюции?
- Каково строение трубчатых длинных и коротких костей?
- Каков химический состав костной ткани?
- Какое органическое вещество входит в состав костной ткани и какова его функция?
- Как изменяется соотношение органических и минеральных веществ костной ткани с возрастом человека?
- Как происходит нарастание длинной трубчатой кости в длину?
- Каковы строение и функции надкостницы?
- Какова роль желтого костного мозга?
- В каких костях и в какой их части образуются кровяные клетки?
- Каковы функции хрящей в суставе, в растущей кости, в срастающихся костях, в местах переломов кости?
- Какие кости образуют скелет головы?
- Как соединяются между собой кости черепа?
- Какие отделы выделяют в позвоночнике и сколько позвонков они включают?
- Как устроены и соединены позвонки в различных отделах позвоночника?
- Каковы строение и роль грудной клетки?
- Какие кости образуют пояс верхних конечностей?
- Какие кости образуют пояс нижних конечностей?

- Сравните пояса конечностей у представителей различных классов хордовых животных и человека.
- Каковы особенности скелета человека в связи с прямохождением?
- Из какого зародышевого листка образуются кости скелета?
- От чего зависит выполнение костно-мышечной системой ее главной функции — движения?

Контрольная работа № 56

1. Какие из названных костей плоские (ребра, лучевая, лопатка, височная, тазовые)?
2. Какие из названных костей длинные трубчатые (ребра, бедренные, локтевые, берцовые, фаланги пальцев)?
3. Какие из названных костей имеют только красный костный мозг (длинные трубчатые, губчатые, плоские)?
4. Какую долю в химическом составе кости молодого человека составляет оссеин ($^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_5$)?
5. За счет какой части растет в длину лучевая кость (головка, тело, промежуток между головкой и телом)?
6. Как соединены между собой кости черепа у новорожденного ребенка (подвижно, неподвижно, полуподвижно)?
7. Какого типа сочленение у тазобедренного сустава (цилиндрическое, шаровое, шарнирное, плоское, эллиптическое)?
8. Сколько пар ребер прикрепляются к грудине (8, 10, 11, 12), сколько свободных ребер (1, 2, 3, 4)?

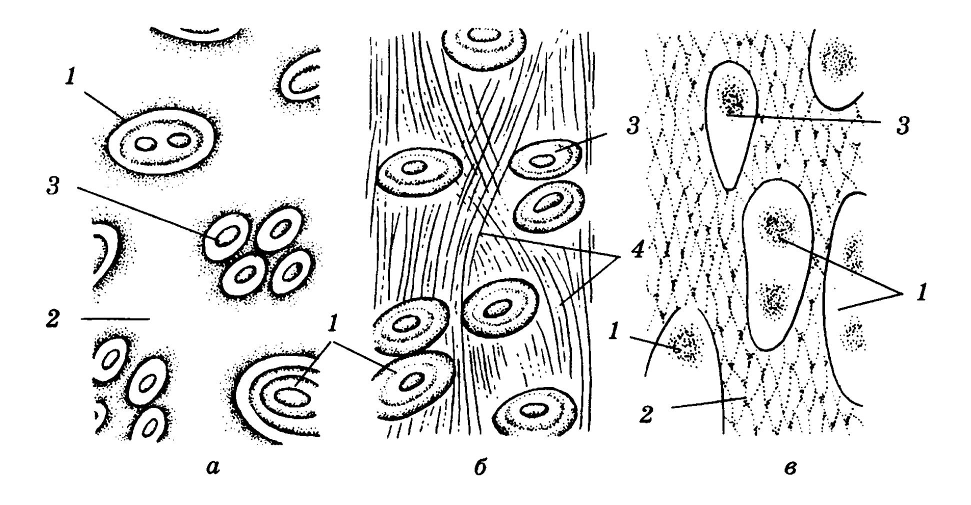


Рис. 114. Различные виды хрящевой ткани:
а — гиалиновая, *б* — эластическая, *в* — волокнистая; *1* — хондробласты, *2* — межклеточное вещество, *3* — группы хондроцитов (зрелые хрящевые клетки), *4* — эластические волокна

9. Какая часть кости является кроветворным органом (надкостница, хрящ, костная ткань, красный костный мозг, желтый костный мозг)?

10. Сколько костей образуют скелет человека (100, 200, 300, 400)?

Схема 58


Образование хрящевой ткани

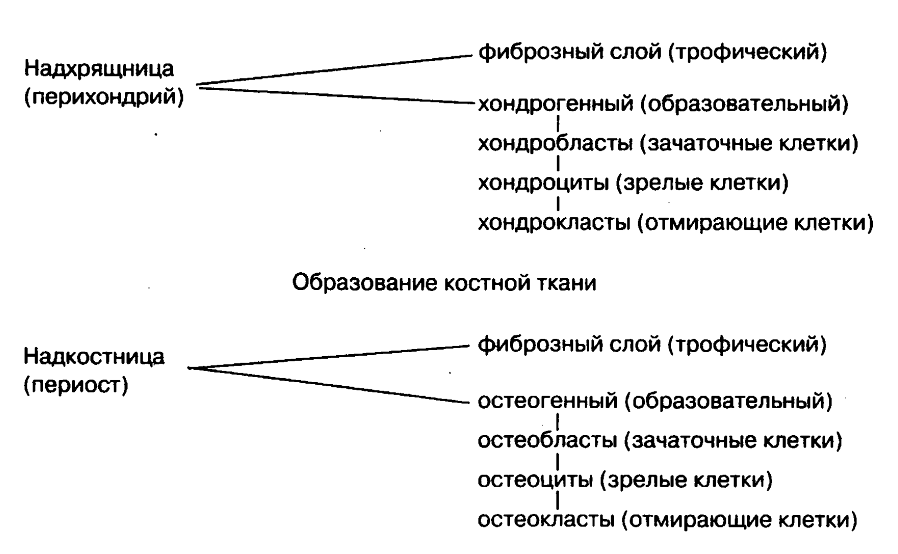


Таблица 106. Классификация костей

Форма	Особенности структуры	Примеры
Трубчатые	Длинные	Плечевая, лучевая, локтевая, бедренная, большая и малая берцовые
	Короткие	Фаланги пальцев, кости плюсны, кости пясти
Губчатые	Длинные	Ребра, ключицы
	Короткие	Позвонки, кости предплюсны, кости запястья
Плоские	Воздухоносные	Лобная, верхнечелюстные, височные, клиновидная, решетчатая
	Широкие	Затылочная, теменные, лопатки, подвздошные, лобковые, седалищные (тазовые кости), грудинная кость

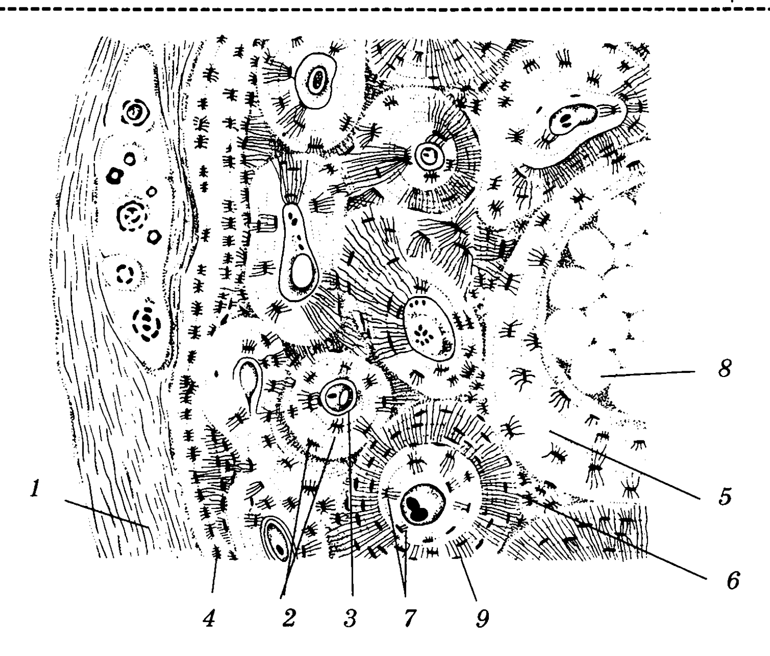


Рис. 115. Пластинчатая костная ткань (поперечный шлиф):
1 — надкостница, *2* — пластинки остеона, *3* — каналы остеона (гаверсовы каналы), *4* — наружные главные пластинки, *5* — внутренние главные пластинки, *6* — вставочные пластинки, *7* — остеоциты, *8* — костномозговая полость, *9* — остеон

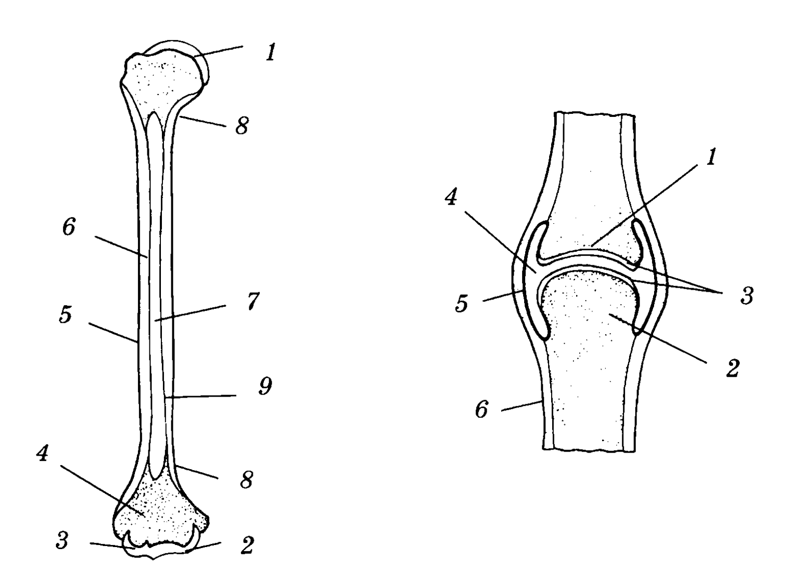


Рис. 116. Строение длинной трубчатой кости

Рис. 117. Строение сустава (*справа*)

Таблица 107. Классификация суставов

Тип сустава	Число суставных поверхностей	Число осей	Форма суставных поверхностей	Примеры суставов
Простой	Две	Одна	Цилиндрическая	Лучелоктевой
			Винтообразная	Плечелоктевой
			Блоковидная	Межфаланговый
Сложный	Три и более	Две	Эллипсовидная	Лучезапястный
			Седловидная	Запястно-пястный большого пальца
		Три	Шаровидная	Плечевой
			Чашевидная	Тазобедренный
			Плоская	Межпозвонковый, межзапястные, предплюсневые
Комбинированный	Два и более самостоятельных сустава	Две	Мыщелковый	Височно-нижнечелюстной, атланто-затылочный
Комплексный	Две суставные камеры	Две	Мыщелковый, разделенный мениском на две камеры	Коленный

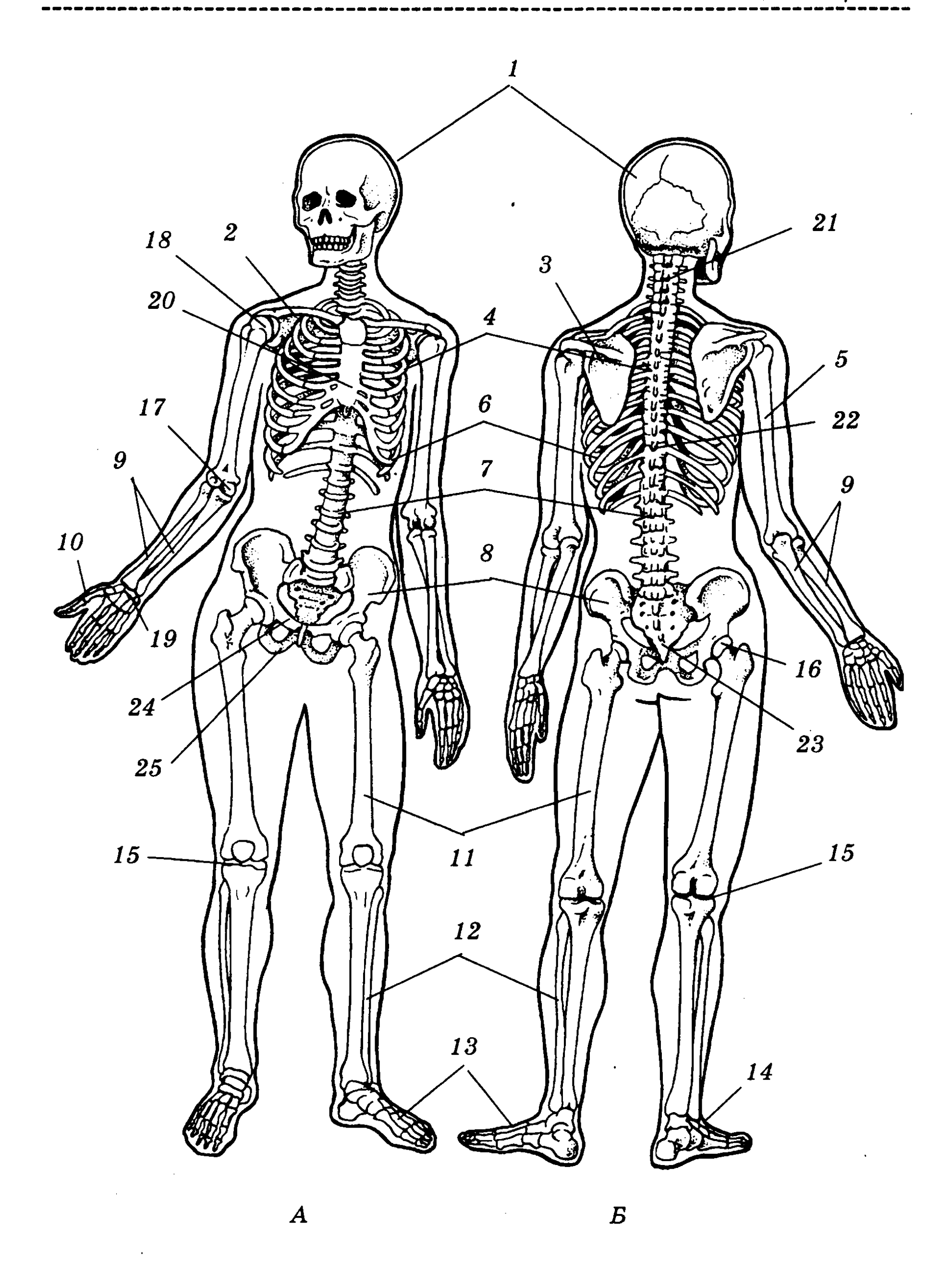


Рис. 118. Скелет человека: *А* — спереди, *Б* — сзади

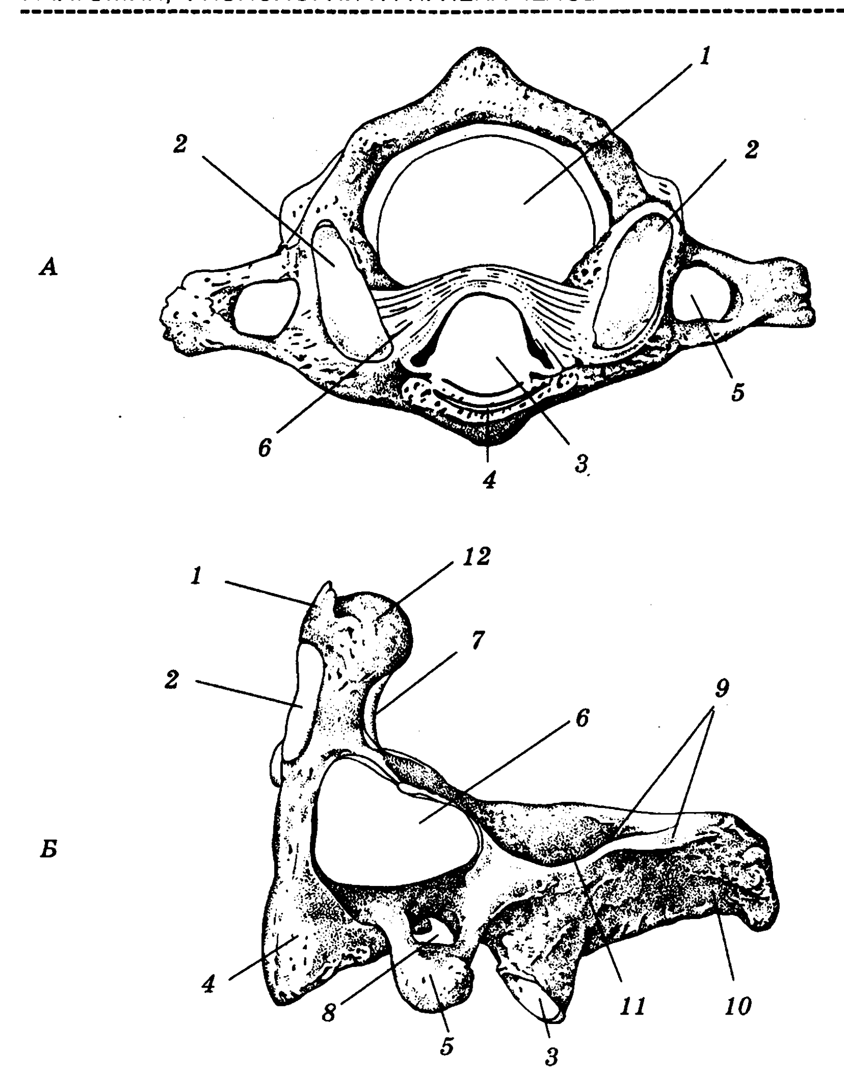


Рис. 119. Первые шейные позвонки:

А — атлант (вид сверху), *Б* — эпистрофей (вид сбоку). *А* — атлант: *1* — позвоночное отверстие, где проходит спинной мозг, *2* — верхние суставные ямки, сочленяющиеся с затылочными мыщелками черепа, *3* — кольцо, образовавшееся на месте тела позвонка, куда входит зуб эпистрофея, *4* — ямка отростка зуба (дуга его движения), *5* — отверстие поперечного отростка, где проходят позвоночные (шейные) артерии к головному мозгу, *6* — поперечная связка атланта, ограничивающая кольцо. *Б* — эпистрофей: *1* — отросток зуба, *2* — передняя суставная поверхность, *3* — нижний суставный отросток, *4* — тело позвонка, *5* — поперечный отросток, *6* — верхняя суставная поверхность, *7* — задняя суставная поверхность, *8* — отверстие поперечного отростка, где проходит шейная артерия, *9* — дуга позвонка, *10* — остистый отросток, *11* — позвоночное отверстие, *12* — зуб

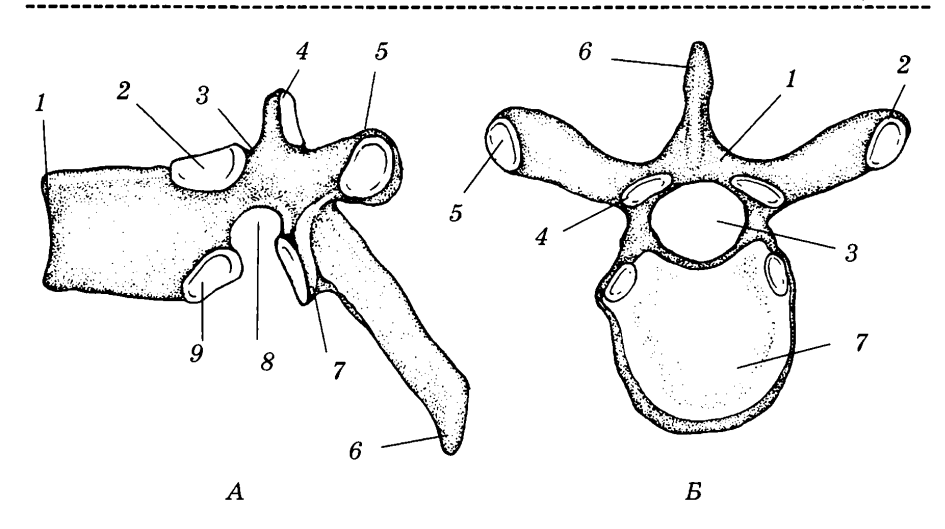


Рис. 120. Строение грудного позвонка:

А — вид сбоку: *1* — тело позвонка, *2* — верхняя реберная ямка, *3* — верхняя позвоночная вырезка, *4* — верхний суставный отросток, *5* — поперечный отросток, *6* — остистый отросток, *7* — нижний суставный отросток, *8* — нижняя позвоночная вырезка, где проходят корешки нервов от спинного мозга, *9* — нижняя реберная ямка. *Б* — вид сверху: *1* — дуга позвонка, *2* — поперечный отросток, *3* — позвоночное отверстие — спинномозговой канал, где проходит спинной мозг, *4* — верхний суставный отросток, *5* — реберная ямка поперечного отростка, *6* — остистый отросток, *7* — тело позвонка

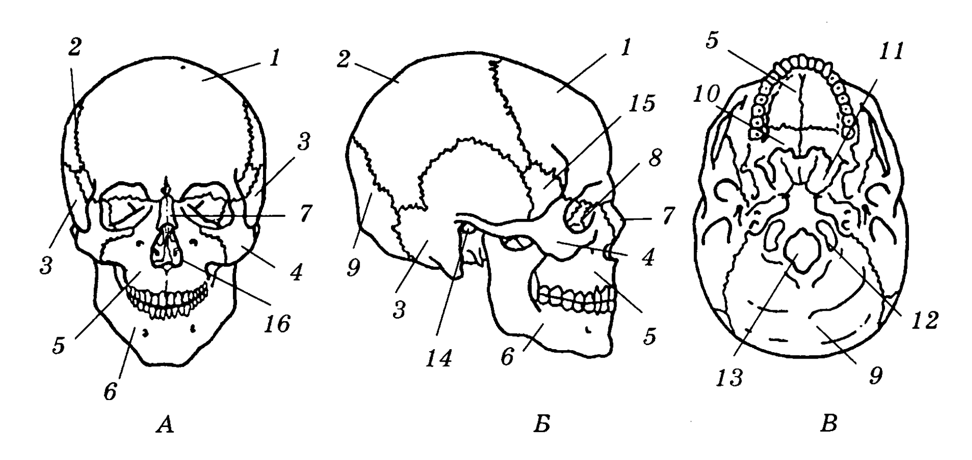


Рис. 121. Череп человека:

А — вид спереди, *Б* — вид сбоку, *В* — вид снизу; *1* — лобная кость, *2* — теменная кость, *3* — височная кость, *4* — скуловая кость, *5* — верхнечелюстная кость, *6* — нижнечелюстная кость, *7* — носовая кость, *8* — решетчатая кость, *9* — затылочная кость, *10* — нёбные кости, *11* — основная кость, *12* — затылочные мыщелки, с помощью которых череп сочленяется с позвоночником (первым шейным позвонком — атлантом), *13* — затылочное отверстие, через которое проходит спинной мозг, *14* — наружное слуховое отверстие, *15* — клиновидная кость, *16* — сошник

Таблица 108. Скелет человека

Части тела	Отделы скелета	Кости скелета	Тип кости	Характер соединения	Особенности скелета человека
Голова (скелет — череп)	Мозговой отдел (черепная коробка)	Парные кости: теменные и височные Непарные кости: лобная, затылочная, решетчатая, клиновидная	Плоские широкие, воздухоносные	Неподвижное	Мозговой отдел черепа развит больше, чем лицевой, и имеет объем 1500 $см^3$
	Лицевой отдел черепа	Парные кости: верхняя челюсть, скуловые, носовые, слезные, нёбные, нижняя носовая раковина Непарные кости: нижняя челюсть, сошник, подъязычная кость	Плоские воздухоносные	Неподвижное, кроме нижней челюсти	Развитие подбородочного выступа в связи с членораздельной речью
Туловище (скелет)	Позвоночник	7 шейных позвонков, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых, 4–5 копчиковых	Короткие губчатые	Полуподвижное, кроме крестцовых позвонков, соединенных неподвижно	S-образный изгиб позвоночника, увеличение тел позвонков, отсутствие хвоста
	Грудная клетка	12 грудных позвонков, 12 пар ребер, грудная кость	Короткие губчатые, плоская, широкая, длинные губчатые	Полуподвижное	Сжата в переднезаднем направлении

Окончание табл. 108

Части тела	Отделы скелета	Кости скелета	Тип кости	Характер соединения	Особенности скелета человека
Конечности (скелет)	Верхняя конечность	Плечевой пояс: две лопатки, две ключицы	Плоские широкие, длинные губчатые	Подвижное	Большая подвижность плечевого сустава
		Свободная конечность (рука): плечо — плечевая кость, предплечье — локтевая и лучевая кости, кисть — в запястье (8 костей), пясть (5), фаланги пальцев (14 костей)	Трубчатые длинные, губчатые короткие (запястье), трубчатые короткие	Подвижное	Большой палец противопоставлен остальным
	Нижняя конечность	Тазовый пояс: парные кости — подвздошные, седалищные, лобковые	Плоские широкие	Неподвижное, лобковый полусустав	Скелет таза широкий и массивный — для поддержания внутренних органов
		Свободная конечность (нога): бедро — бедренная кость, голень — большая и малая берцовые, стопа — предплюсна (7 костей), пяточная кость, плюсна (5 костей), фаланги пальцев (14)	Трубчатые длинные, губчатые короткие (предплюсна), трубчатые короткие	Подвижное	Ограниченное движение тазобедренного сустава. Стопа образует свод. Развита большая пяточная кость, но меньше развиты пальцы. Ноги длиннее рук, кости массивнее

Задание 51 (мышцы)

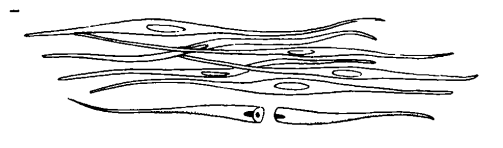
- Повторить имеющийся по теме материал, рассмотреть рисунки 122, 123.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 57.
- Дать подписи к рисункам 124, 125.
- Проанализировать таблицу 109, схему 59.

Вопросы для самоконтроля

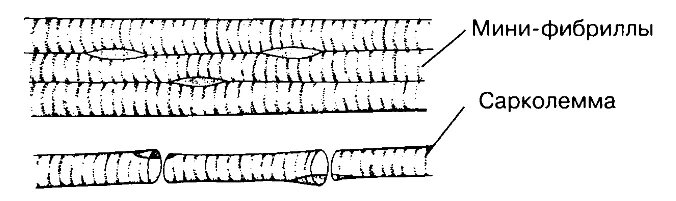
- В чем отличие гладких мышц от поперечнополосатых?
- Для каких органов характерны гладкие мышцы?
- Какой формы бывают поперечнополосатые мышцы?
- Из каких частей состоит двуглавая мышца плеча?
- Чем прикрепляются скелетные мышцы к костям?
- Какие мышцы присоединены одним концом к коже, другим — к кости?
- Какие мышцы совсем не присоединены к костям?
- Какое вещество служит энергетическим источником для работы мышц?
- Почему во время работы усиливается приток крови к мышцам?
- Какие мышцы называются антагонистами?
- Как понимать выражение «гладкие мышцы сокращаются непроизвольно»?
- Из какой мышечной ткани состоит сердце?
- Какие мышцы работают произвольно?
- Какой путь возбуждения в простой рефлекторной дуге?
- Из какого зародышевого листка возникли мышцы в процессе филогенеза и из чего они формируются в онтогенезе?
- Какие системы органов обеспечили деятельность мышечной системы в процессе эволюции?
- У каких животных впервые возникла диафрагма и какова ее роль?

Контрольная работа № 57

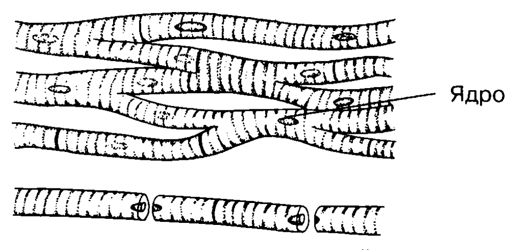
1. Какие мышцы образуют стенки кровеносных сосудов, кишечника и желудка (поперечнополосатые, гладкие)?
2. Из какой мышечной ткани состоит сердечная мышца (гладкая, поперечнополосатая)?
3. К какому типу мышечной ткани относятся круговые мышцы рта и глаза (гладкие, поперечнополосатые)?
4. Какую форму имеют скелетные мышцы (веретеновидная, лентовидная, шаровидная, круговая)?
5. Какие мышцы получили наибольшее развитие в связи с прямохождением (затылочные, спинные, грудные, ягодичные, икроножные)?



ГЛАДКОМЫШЕЧНЫЕ КЛЕТКИ



ПОПЕРЕЧНО-ПОЛОСАТЫЕ МЫШЕЧНЫЕ ВОЛОКНА



СЕТЕВИДНЫЕ ВОЛОКНА СЕРДЕЧНОЙ МЫШЦЫ

Рис. 122. Схема типов мышечной ткани

6. Какая мышца плеча является разгибателем (двуглавая, трехглавая), какая — сгибателем (двуглавая, трехглавая)?

7. Какая мышца бедренной части ноги является сгибателем (двуглавая, четырехглавая)?

8. Под контролем каких систем органов сокращаются гладкие мышцы (соматическая или вегетативная нервная система, эндокринная система)?

9. Что контролирует работу скелетных мышц (спинной мозг, головной мозг, вегетативная нервная система, соматическая нервная система)?

10. По нервному волокну какого нейрона передается в спинной мозг возбуждение при ожоге (центробежный, центростремительный)?

11. Почему появляется болезненное состояние мышц после работы без предварительной тренировки (утомление мышц, натяжение связок, накопление нерасщепленной молочной кислоты, утомление нервных центров)?

12. Почему не болят мышцы у физически тренированных людей (более эластичные связки, больше мышечных волокон, больше поступает кислорода, больше запас гликогена, мышцы устойчивы к утомлению)?

13. Изменяется ли число мышечных волокон у скелетных мышц с возрастом человека и по мере их тренировки (да, нет)?

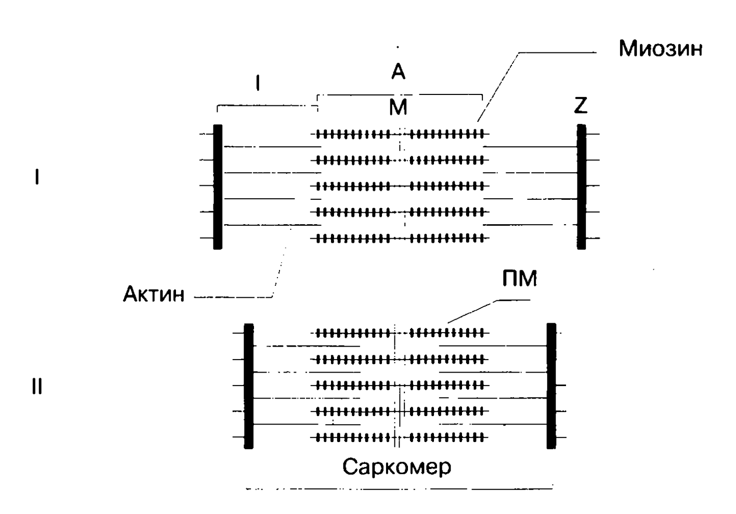


Рис. 123. Механизм работы саркомера — структурной единицы мышечной ткани:

I — саркомер в состоянии покоя, II — саркомер при сокращении мышцы. Миозин — толстые нити, на которых находятся головки, в нерабочем состоянии они притянуты к нитям миозина, а в рабочем приподнимаются и соединяются с актиновыми нитями, образуя поперечные мостики (ПМ). Поперечные мостики втягивают актиновые нити между миозиновыми, отчего саркомер становится более узким — волокно сокращается. При окончании сокращения мышцы мостики разъединяются и актиновые нити возвращаются на прежнее место. Миозиновые нити положения не меняют. На участке М мостики не образуются, и его ширина остается неизменной. А — анизотропный диск (неравнонаправленный), образованный миозином, М — субдиск, где на миозиновых волокнах не образуются поперечные мостики, I — изотропный диск (равнонаправленный), образованный актином (тонкими волокнами), Z — мембранная полоса, от которой по обе стороны отходят актиновые нити, она является границей саркомера

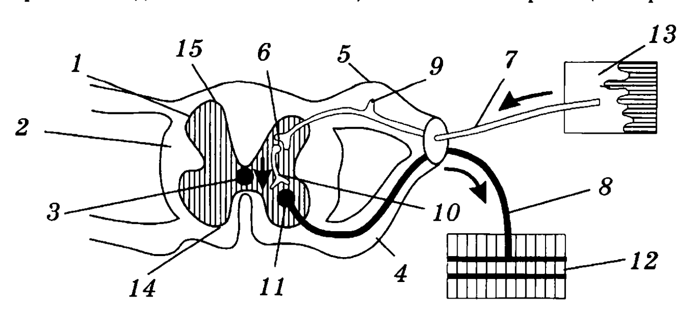


Рис. 124. Рефлекторная дуга

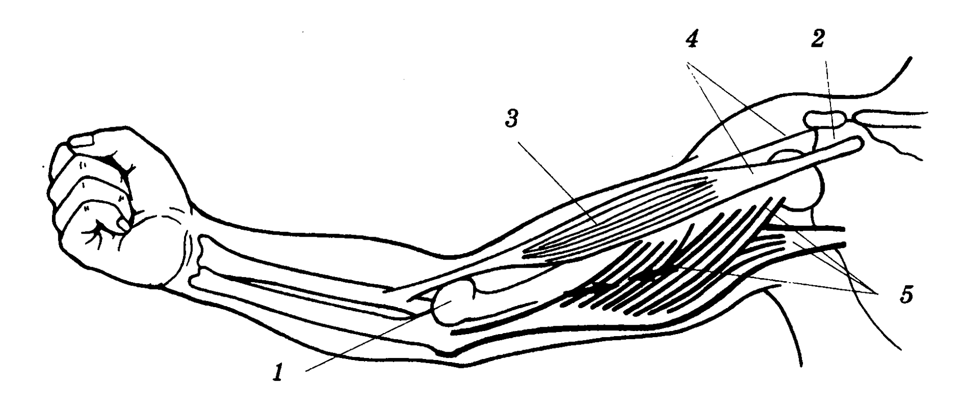


Рис. 125. Схема прикрепления мышц плеча

Схема 59. Механизм работы мышц (пояснение к рис. 123)

Мембрана мышечного волокна (сарколемма) →	Саркоплазматический ретикулюм (СПР) →	Из СПР освобождаются Ca^{2+} и выходят в саркоплазму →
Активизируется саркомер →	На миозине + АТФ образуются поперечные мостики →	Мостики подхватывают актиновые нити и втягивают их →
Саркомер сокращается →	Возбуждение окончено →	Поперечные мостики разрушаются →
Актиновые нити возвращаются на место →	Ca^{2+} возвращается в СПР →	Волокно расслабляется

Таблица 109. Мышцы

Части тела	Название мышц	Прикрепление мышц	Тип мышечной ткани	Характер работы	Функции
Голова	Жевательные	Одним концом к височной кости черепа, другим — к челюсти	Поперечнополосатая	Произвольный	Движение челюстей
	Мимические лица	Одним концом к костям черепа, другим — к коже	»	»	Мимические движения лица
	Круговая мышца рта	Прикреплена только к коже	»	»	Движение рта
Туловище	Затылочные, спинные, грудные, брюшные, диафрагма, межреберные	К костям скелета	»	»	Поддержание туловища в вертикальном положении. Мышцы — сгибатели и разгибатели. Движения тела. Дыхательные движения
Конечности	Двуглавая и трехглавая мышцы рук; мышцы кисти руки; двуглавая, четырехглавая, икроножная мышцы ног; мышцы стопы	К костям скелета конечностей и поясов конечностей	»	»	Мышцы — сгибатели и разгибатели рук, ног, осуществляющие движения конечностей
Внутренние органы	Сердечная мышца	Не прикреплена к костям	»	Непроизвольный	Сокращение сердца
	Мышцы стенок сосудов, кишечника, желудка, мышцы кожи и др.	»	Гладкая	»	Сокращение стенок полых внутренних органов, передвижение крови, пищевой массы

ТЕМА. Кровь

Внутренняя среда организма: кровь, тканевая жидкость, лимфа. Относительное постоянство внутренней среды. Состав крови: плазма, форменные элементы. Группы крови. Значение переливания крови. Свертывание крови как защитная реакция. Эритроциты и лейкоциты, их строение и функции. Малокровие. Учение И. И. Мечникова о защитных свойствах крови. Борьба с эпидемиями. Иммунитет.

Задание 52

- Прочитать имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля, дать подписи к рисунку 126.
- Выполнить контрольную работу № 58.
- Проанализировать и запомнить рисунок 127 и схему 60.
- Проанализировать таблицы 110–114.

Вопросы для самоконтроля

- К какому типу тканей относится кровь?
- Из чего состоит плазма и какую она выполняет роль?
- Что такое форменные элементы крови?
- Где образуются клетки крови?
- Проследите цикл развития эритроцитов, лейкоцитов.
- Как выводятся отмершие эритроциты из организма?
- Из какого пигмента и где образуется оксигемоглобин?
- Чем отличаются друг от друга клетки эритроцитов и лейкоцитов?
- Какую роль играют лейкоциты в организме?
- Кому принадлежит заслуга в создании учения об иммунитете?
- Чем определяется иммунитет?
- Что такое врожденный и искусственный иммунитет?
- Для каких клеток крови характерен фагоцитоз?
- Какова роль прививок в борьбе с инфекционными болезнями?
- Какими защитными свойствами обладает кровь?
- Какие физиологически активные вещества находятся в плазме крови и переносятся ею?
- Каким образом выходят за пределы кровяного русла кислород, белки, жиры, сахара, гормоны, соли, вода, другие вещества?
- Из чего образуется тканевая жидкость и какова ее роль?
- Каким образом из тканевой жидкости в клетку попадают необходимые для жизнедеятельности вещества?
- Куда выделяются из клеток диоксид углерода, соли, продукты распада белка и другие вещества? За счет чего образуется лимфа?
- Что представляет собой внутренняя среда организма?
- Где образуются и какую роль играют тромбоциты?
- Как возникает сгусток при свертывании крови?

- При каких условиях свертывается кровь?
- Почему не свертывается кровь, находящаяся в кровяном русле?
- Какую роль играет свертывание крови при повреждении сосуда?
- В чем заключается регулирующая роль нервной системы по отношению к составу крови?
- По каким признакам делят кровь на группы?
- Какая группа крови подходит для переливания всем другим и какая совместима со всеми другими?
- Каково значение крови для организма человека в целом?
- Что такое гемофилия и как передается эта болезнь?

Контрольная работа № 58

1. Какой процент от массы тела составляет кровь (7, 15, 20)?
2. Какой процент от объема крови составляет плазма (60, 70, 80)?
3. Что входит в состав плазмы (сыворотка, эритроциты, тромбоциты, фибриноген)?
4. Где вырабатываются эритроциты (печень, красный костный мозг, селезенка)?
5. Где разрушаются эритроциты (красный костный мозг, печень, селезенка)?
6. Где образуются лейкоциты (печень, красный костный мозг, лимфатические узлы, селезенка)?
7. Какие форменные элементы крови имеют в клетках ядро (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты)?
8. Какие форменные элементы крови участвуют в ее свертывании (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты)?
9. Какова роль тканевой жидкости (омывает клетки, переносит вещества, образует лимфу, транспортирует CO_2, O_2)?
10. В каких органах очищается кровь (легкие, печень, почки)?
11. Из чего образуется лимфа (кровь, тканевая жидкость)?
12. Чем отличается лимфатическая система от кровеносной (непрерывная система, система с одного конца слепо заканчивается)?

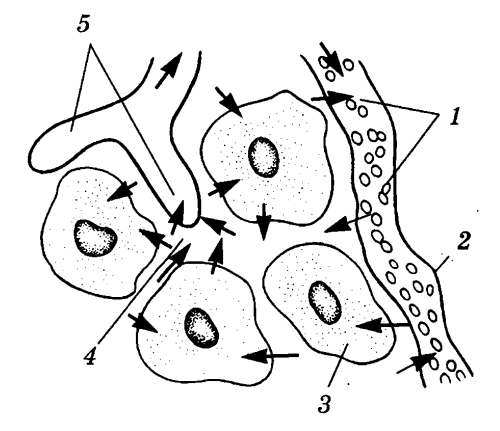


Рис. 126. Внутренняя среда организма

Таблица 110. Внутренняя среда организма

Внутренняя среда	Состав	Местонахождение	Источник и место образования	Функции
Кровь	*Плазма* (50–60% объема крови): вода 90–92, белки 7%, жиры 0,8%, глюкоза 0,12%, мочевина 0,05%, минеральные соли 0,9% (мочевой кислоты, NaCl)	*Кровеносные сосуды*: артерии, вены, капилляры	За счет поглощения белков, жиров и углеводов, а также минеральных солей пищи и воды	Взаимосвязь всех органов организма в целом с внешней средой; питательная (доставка питательных веществ), выделительная (выведение продуктов диссимиляции, CO_2 из организма); защитная (иммунитет, свертывание); регуляторная (гуморальная)
	Форменные элементы (40–50% от объема крови): эритроциты, лейкоциты, тромбоциты	Плазма крови	Красный костный мозг, селезенка, лимфатические узлы, лимфоидная ткань	Транспортная (дыхательная) — эритроциты транспортируют O_2 и частично CO_2; защитная — лейкоциты (фагоциты) обезвреживают болезнетворные микроорганизмы; тромбоциты обеспечивают свертывание крови

Тканевая жидкость	Вода, растворенные в ней питательные органические и неорганические вещества, O_2, CO_2, продукты диссимиляции, выделившиеся из клеток	Промежутки между клетками всех тканей. Объем 20 л (у взрослого человека)	За счет плазмы крови и конечных продуктов диссимиляции	Является промежуточной средой между кровью и клетками организма. Переносит из крови в клетки органов O_2, питательные вещества, минеральные соли, гормоны. Возвращает в кровяное русло через лимфу воду, продукты диссимиляции. Переносит в кровяное русло CO_2, выделившийся из клеток
Лимфа	Вода, растворенные в ней продукты распада органических веществ	Лимфатическая система, состоящая из лимфатических капилляров, начинающихся мешочками, и сосудов, сливающихся в два протока, которые впадают в полые вены кровеносной системы в области шеи	За счет тканевой жидкости, всосавшейся через мешочки на концах лимфатических капилляров	Возвращение в кровяное русло тканевой жидкости по грудному и правому лимфатическим протокам. Фильтрация и обеззараживание тканевой жидкости, которые осуществляются в лимфатических узлах, где вырабатываются лимфоциты

Таблица 111. Форменные элементы крови

Форменные элементы	Строение клетки	Место образования	Продолжительность функционирования	Место отмирания	Содержание в 1 мм^3 крови	Функции
Эритроциты	Красные безъядерные клетки крови двояковогнутой формы, содержащие белок гемоглобин (четвертичного строения)	Красный костный мозг	3–4 мес.	Селезенка. Гемоглобин разрушается в печени, где из него образуются пигменты: билирубин, биливердин, уробилин	4,5–5 млн	Перенос кислорода из легких в ткани и углекислого газа — из тканей в легкие
Лейкоциты различных типов (см. табл. 112)	Белые кровяные амебообразные клетки, имеющие ядро (цельное или сегментированное)	Красный костный мозг, селезенка, лимфатические узлы	3–5 дней	Печень, селезенка, а также места, где идет воспалительный процесс	6–8 тыс.	Защита организмов от болезнетворных микробов путем фагоцитоза. Вырабатывают антитела, создавая иммунитет
Тромбоциты	Кровяные безъядерные тельца	Красный костный мозг	5–7 дней	Селезенка и места нарушения целостности сосудов	300–400 тыс.	Участвуют в свертывании крови при повреждении кровеносного сосуда, способствуя преобразованию белка протромбина в тромбин, а белка фибриногена в фибрин — волокнистый кровяной сгусток (см. схему 60)

Таблица 112. Сравнительная характеристика различных групп лейкоцитов

Признак	Гранулоциты (зернистые) сегментноядерные			Агранулоциты (незернистые)	
	Эозинофилы	Базофилы	Нейтрофилы	Лимфоциты	Моноциты
Количество, %	1–4	0,5–1,0	50–70	19–37	3–11
Продолжительность жизни	Несколько дней	Несколько дней	Несколько дней	Более 10 лет	В кровяном русле — несколько дней; затем его покидают
Место локализации	Кровяное русло; выходят в соединительные ткани, кишечник, кожу, легкие	Кровяное русло; выходят в соединительные ткани	Красный костный мозг, кровяное русло, соединительные ткани	В-клетки образуются в костном мозге, лимфатических узлах, селезенке, миндалинах. Т-клетки — в тимусе (вилочковой железе), селезенке, миндалинах	Образуются в печени, красном костном мозге, селезенке. В тканях превращаются в макрофаги
Способность к фагоцитозу	Способны	Способны	Способны*	Не способны	Способны

* Фагоцитоз был открыт И. И. Мечниковым именно на примере работы нейтрофилов, поэтому он и назвал их фагоцитами.

Окончание табл. 112

Признак	Гранулоциты (зернистые) сегментноядерные			Агранулоциты (незернистые)	
	Эозинофилы	Базофилы	Нейтрофилы	Лимфоциты	Моноциты
Функция	Противоаллергические (антигистаминные) реакции, защита от паразитов и болезнетворных микроорганизмов. Способствуют заживлению ран. При аллергии количество увеличивается	Образуют гепарин и гистамин. Гистамин участвует в развитии воспалительных и аллергических реакций. Гепарин препятствует свертыванию крови в местах воспаления. Тканевые базофилы — тучные клетки вырабатывают гепарин и нейрогормон серотонин	Своими лизирующими ферментами разрушают болезнетворные бактерии. Образуют гной, нейтрализуя вредные продукты разрушения	В-лимфоциты нейтрализуют чужеродные антигены, образуя в ответ на их появление антитела. Т-лимфоциты участвуют в реакциях клеточного иммунитета, опознавая чужеродные ткани и органы, а также опухолевые клетки; участвуют в отторжении трансплантантов. Вырабатывают гамма-глобулин	Иммунные реакции организма с поглощением системы антиген — антитело. Макрофаги, преобразуясь в хондрокласты и в остеокласты, разрушают старые костные и хрящевые ткани. Разрушают собственные ткани, отмершие после болезни, очищают организм от продуктов распада

Схема 60. Свертывание крови

Повреждение стенки сосуда

↓

Освобождение из тромбоцитов тромбопластина

↓

Ca^{2+} → Протромбин ← Витамин K, O_2

↓

Тромбин взаимодействует с фибриногеном

↓

Фибрин

↓

Тромб

Тромбопластин — белок-фермент, образуется при разрушении тромбоцитов

Ca^{2+} — ионы кальция, присутствующие в плазме крови

Протромбин — неактивный белок-фермент плазмы крови, образуется в печени

Тромбин — активный белок-фермент

Фибриноген — белок, растворенный в плазме крови, образуется в печени

Фибрин — волокна белка, нерастворимые в плазме крови (тромб)

Ретрактозин — фермент, выжимающий сыворотку из тромба, а форменные элементы остаются. Волокна тромба сокращаются

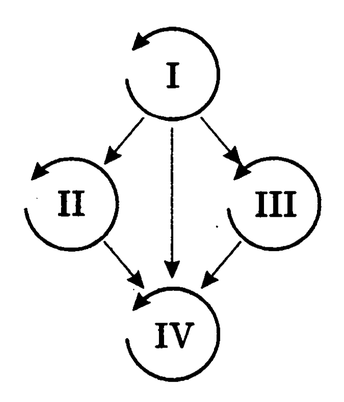


Рис. 127. Группы крови и варианты ее переливания (стрелки указывают направление от донора к реципиенту и в пределах своей группы)

Таблица 113. Группы крови

Группа крови 0 I	Системы крови 0AB		Формула группы крови	Донор	Реципиент
	Антигены агглютиногены (гликолипиды на мембранах эритроцитов)	Антитела агглютинины (гамма-глобулины в плазме крови)			
0 I	Нет	ab	0ab	I, II, III, IV	I
A II	A	b	Ab	II, IV	I, II
B III	B	a	Ba	III, IV	I, III
AB IV	AB	Нет	AB	IV	I, II, III, IV

Таблица 114. Взаимодействие между группами крови

Донор / Реципиент	0 I	A II	B III	AB IV
ab I	ab	Aab	aBb	AaBb
b II	b	Ab	Bb	ABb
a III	a	Aa	Ba	AaB
0 IV	0	A	B	AB

Aa, Bb } агглютинация (склеивание эритроцитов донора)

ТЕМА. Кровообращение

Органы кровообращения: сердце и сосуды (артерии, капилляры, вены). Большой и малый круги кровообращения. Сердце, его строение и работа. Автоматия сердца. Понятие о нервной и гуморальной регуляции деятельности сердца. Движение крови по сосудам. Пульс. Кровяное давление. Гигиена сердечно-сосудистой системы.

Задание 53

- Повторить имеющийся по теме материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 59.
- Проанализировать рисунки 128, 129.

Вопросы для самоконтроля

- Какие системы кровообращения возникали в процессе эволюции?
- Какие животные имеют замкнутую кровеносную систему?
- Какой признак незамкнутости кровеносной системы беспозвоночных проявляется у хордовых, в виде чего?
- Почему при замкнутой системе необходима промежуточная среда — тканевая жидкость?
- Почему гемоглобин характерен лишь для животных с замкнутой кровеносной системой?
- Вспомните названия кровеносных сосудов большого и малого кругов кровообращения.
- Какие ткани образуют стенки кровеносных сосудов?
- Чем отличаются артерии и вены по строению?
- В чем особенности строения капилляров и для каких процессов это имеет значение?
- Под действием чего движется кровь по артериям и капиллярам?
- Каким образом кровь движется по венам и почему она не течет в обратном направлении?
- Чем отличается газообмен в малом круге кровообращения от газообмена в большом круге?
- Чем отличается по строению лимфатическая система от кровеносной?
- Из какой ткани состоит сердечная мышца?
- Какова роль околосердечной сумки?
- Какова роль коронарных артерий?
- Какие причины могут вызвать отмирание участка ткани сердечной мышцы (т. е. инфаркт миокарда)?
- Чем регулируется работа сердечной мышцы?
- Что такое нервная и гуморальная регуляция работы сердца?
- Что такое автоматия сердечной мышцы и чем она обусловлена?
- Как называются и из какой ткани состоят клапаны, расположенные между предсердиями и желудочками?
- Как называются клапаны в основании аорты и легочной артерии?
- Почему при сокращении желудочка кровь не возвращается в предсердия?
- Где находятся полулунные клапаны?
- Сколько времени длится сокращение сердечной мышцы (систола) и сколько — расслабление (диастола)?
- Произвольно или непроизвольно сокращается сердечная мышца?
- Что такое пульс и от чего зависит его частота?

- Какая зависимость между числом ударов пульса и давлением крови?
- Как изменяется кровяное давление в артериях при сокращении (систоле) и расслаблении (диастоле) сердечной мышцы?
- Чем отличается давление крови в артериях, капиллярах и венах?
- Как с позиции законов физики объяснить движение крови по кровеносной системе?

Контрольная работа № 59

1. Где начинается и где заканчивается большой круг кровообращения (правое предсердие, правый желудочек, левое предсердие, левый желудочек)?

2. Где начинается и где заканчивается малый круг кровообращения (правое предсердие, правый желудочек, левое предсердие, левый желудочек)?

3. Где происходит газообмен в малом круге кровообращения (клетки тела, клетки кожи, легкие)?

4. Какова роль кровообращения (транспорт O_2 и CO_2, перенос питательных веществ, выведение продуктов распада, образование тканевой жидкости, защита от микроорганизмов, перенос гормонов)?

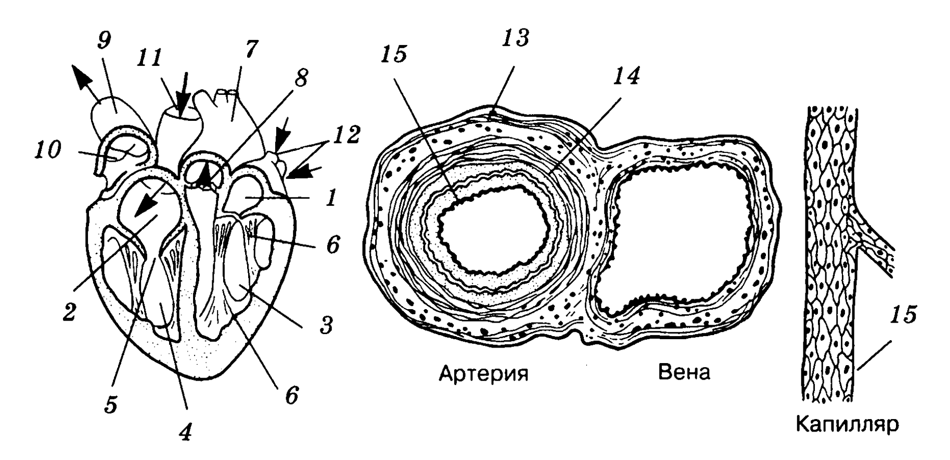


Рис. 128. Сердце и кровеносные сосуды:

1 — левое предсердие, *2* — правое предсердие, *3* — левый желудочек, *4* — правый желудочек, *5* — створчатые клапаны, *6* — сухожильные тяжи этих клапанов, *7* — аорта, *8* — полулунные клапаны аорты, *9* — легочная артерия, *10* — полулунные клапаны легочной артерии, *11* — верхняя полая вена, *12* — легочные вены, *13* — наружная оболочка артерии (рыхлая соединительная ткань), *14* — средняя оболочка (гладкая мышечная ткань, волокна), *15* — внутренняя оболочка (плоский эпителий — эндотелий), у капилляров стенки однослойные из эндотелия

5. Что служит посредником между кровяным руслом и клетками тела (лимфа, тканевая жидкость, прямой контакт)?

6. Какие признаки характерны для артерий (толстые стенки, тонкие стенки, высокое давление, низкое давление, отсутствие клапанов, наличие клапанов, ветвление на капилляры, неразветвленность на капилляры)?

7. Куда впадают лимфатические протоки (правое предсердие, аорта, полые вены, воротная вена печени, воротная вена почек)?

8. Из каких мышц состоит сердечная мышца (гладкие, поперечно-полосатые) и как она работает (произвольно, непроизвольно)?

9. Чем регулируется деятельность сердечной мышцы (сознание, гормоны, вегетативная нервная система, рефлекторная регуляция)?

10. Какая кровь движется по легочной вене (артериальная, венозная)?

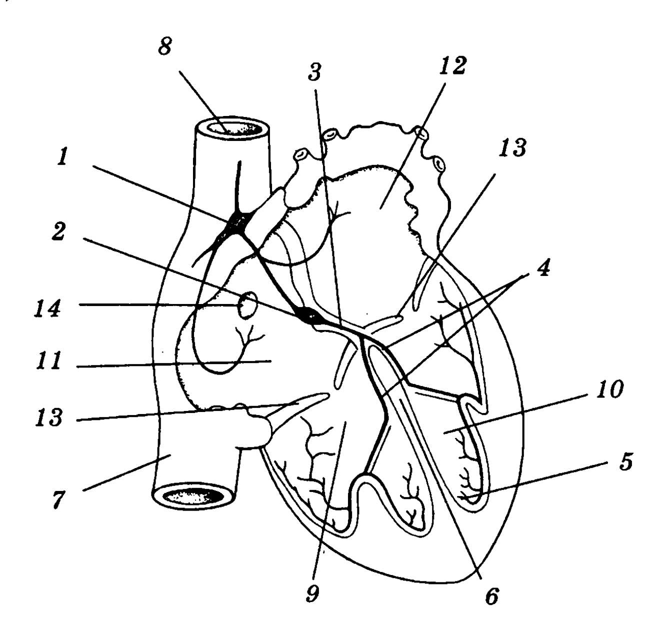


Рис. 129. Проводящая система сердца:
1 — синусный узел, *2* — предсердно-желудочковый узел, *3* — предсердно-желудочковый пучок (пучок Гиса), *4* — ножки предсердно-желудочкового пучка, *5* — сеть волокон проводящей системы сердца (волокна Пуркинье), *6* — межжелудочковая перегородка, *7* — нижняя полая вена, *8* — верхняя полая вена, *9* — правый желудочек, *10* — левый желудочек, *11* — правое предсердие, *12* — левое предсердие, *13* — предсердно-желудочковые створчатые клапаны, *14* — венечный синус, куда открываются вены сердечной мышцы

ТЕМА. Дыхание

Значение дыхания. Органы дыхания, их строение и функции. Голосовой аппарат. Газообмен в легких и тканях. Дыхательные движения. Понятие о жизненной емкости легких. Понятие о гуморальной и нервной регуляции дыхания. Гигиена дыхания.

Задание 54

- Прочитать имеющийся по данной теме материал и повторить тему «Обмен веществ в клетке».
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 60.
- Дать подписи к рисункам 130, 131.
- Проанализировать таблицу 115 и рисунки 132, 133.

Вопросы для самоконтроля

- Какие системы органов принимают участие в дыхательных движениях?
- Как осуществляется вдох и выдох?
- Где находится дыхательный центр?
- Как влияет концентрация CO_2 в крови на ритм дыхательных движений?
- Какова жизненная емкость легких?
- Как можно объяснить проникновение воздуха внутрь альвеол легких?
- Почему кислород проникает из альвеол в капилляры, а двуокись углерода — в обратном направлении?
- Как устроены правое и левое легкие?
- Какова роль пристенной и легочной плевры?
- Что такое внешнее дыхание и посредством каких дыхательных путей оно осуществляется?
- От чего зависит частота и глубина дыхания?
- Что такое дыхательный пигмент и где он находится?
- Какова роль эритроцитов в транспорте кислорода?
- Каким образом и почему кислород попадает из альвеол в капилляры?
- Каким образом и почему попадает кислород из капилляров внутрь клеток различных тканей?
- Куда попадает кислород в процессе переноса его кровью?
- Каковы функции митохондрий в процессе внутреннего дыхания?
- Что такое кислородный этап диссимиляции?
- Каковы конечные продукты диссимиляции?
- Каким образом CO_2 выводится из клеток в атмосферу?
- Почему у нетренированных людей при физической нагрузке учащенное неглубокое дыхание?
- Почему при беге требуется больше воздуха?
- В чем заключается механизм искусственного дыхания?

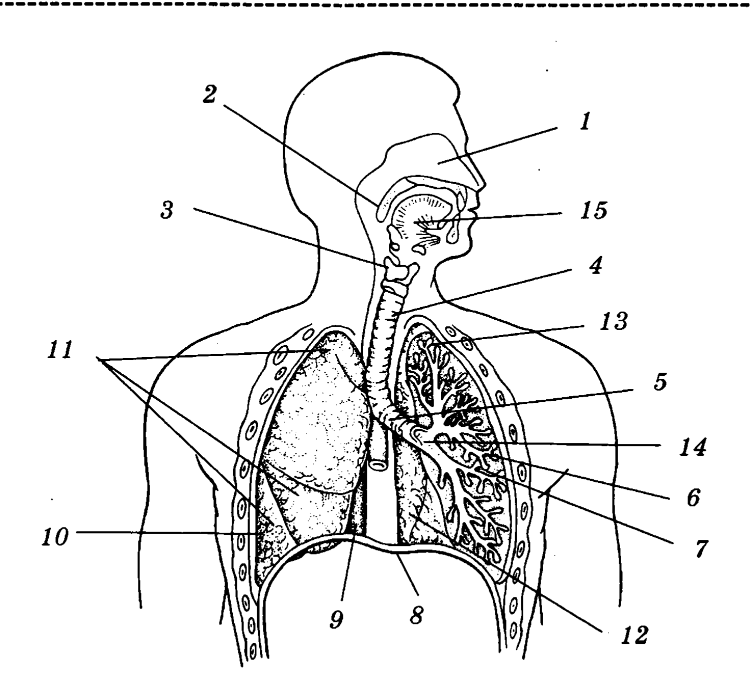


Рис. 130. Схема строения дыхательных путей

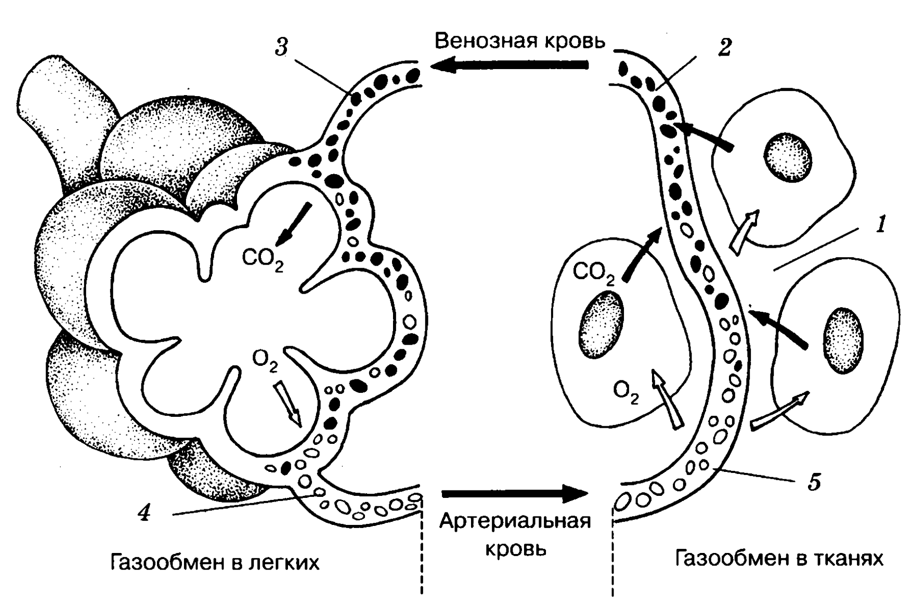


Рис. 131. Схема газообмена в организме

Контрольная работа № 60

1. Где расположен дыхательный центр (легкие, мозжечок, продолговатый мозг, кора больших полушарий)?
2. Под влиянием чего могут осуществляться дыхательные движения (сознание, концентрация CO_2 в крови, концентрация O_2 в крови, вегетативная нервная система)?
3. Какие мышцы участвуют в дыхательных движениях (диафрагма, межреберные, спинные, брюшные)?
4. Из какого зародышевого листка в процессе онтогенеза образуется дыхательная система (эктодерма, мезодерма, энтодерма)?
5. С какой системой органов связано происхождение в процессе эволюции дыхательной системы (кровеносная, выделительная, пищеварительная, опорно-двигательная)?
6. Благодаря чему кислород диффундирует из альвеол в капилляры (разница концентрации, разница давления, свободные пространства, сквозные отверстия)?
7. Где усваивается кислород (носоглотка, легкие, эритроциты крови, митохондрии клеток)?

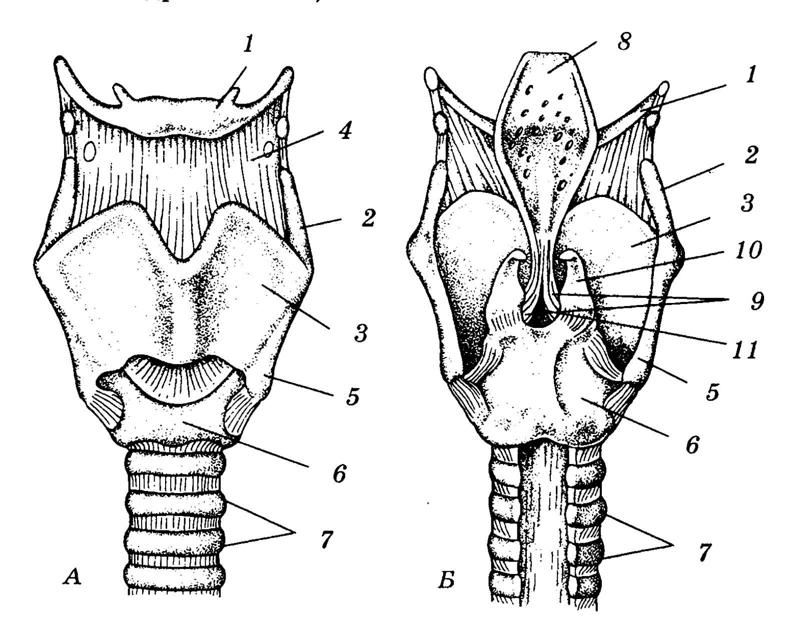


Рис. 132. Хрящи и связки гортани:
А — вид спереди, *Б* — вид сзади; *1* — подъязычная кость, *2* — верхний рог щитовидного хряща, *3* — щитовидный хрящ, *4* — щитоподъязычная мембрана, *5* — нижний рог щитовидного хряща, *6* — перстневидный хрящ, *7* — хрящи трахеи, *8* — надгортанник, *9* — голосовые связки, *10* — черпаловидный хрящ, *11* — голосовая щель

8. Каково значение дыхания для организма (охлаждение организма, выделение CO_2, окисление питательных веществ, освобождение энергии, синтез АТФ)?

9. Как движется оксигемоглобин от легких к клеткам тела (сосуды малого круга, сосуды большого круга; минуя сердце, через сердце)?

10. В каком состоянии находится кислород и углекислый газ в тканевой жидкости (химическое соединение, водорастворимое состояние)?

11. Какова роль растений как «зеленых легких» планеты (задержка пыли, поглощение CO_2, выделение O_2, увлажнение воздуха)?

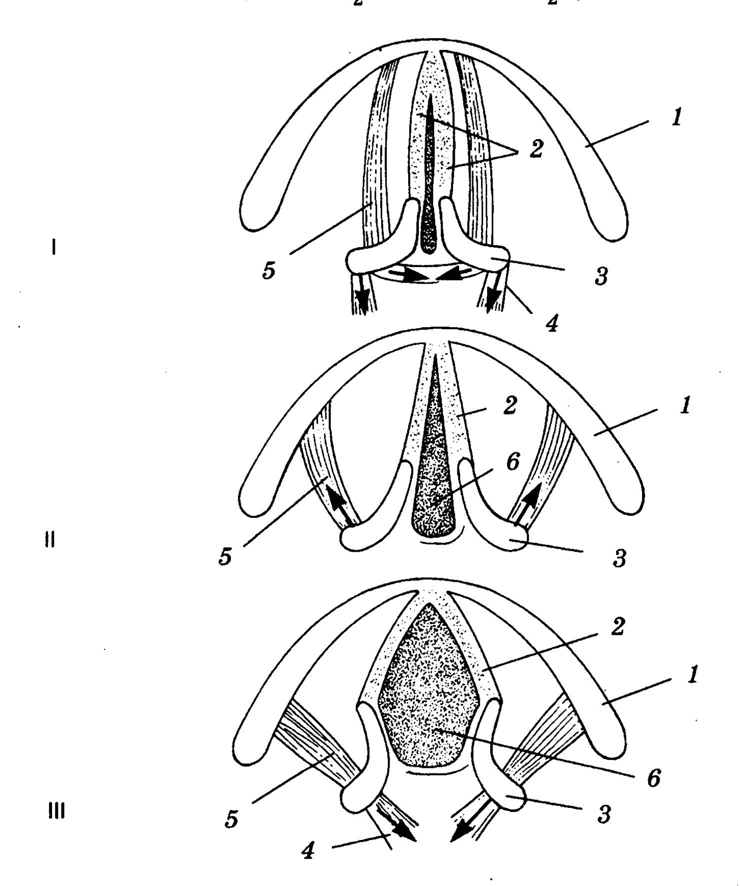


Рис. 133. Положение голосовых связок при различных функциональных состояниях:

I — голосовая щель закрыта, II — открыта, III — широко раскрыта; *1* — щитовидный хрящ, *2* — голосовые связки, *3* — черпаловидный хрящ, *4* — задняя перстнечерпаловидная мышца, *5* — боковая перстнечерпаловидная мышца, *6* — голосовая щель

Таблица 115. Дыхательная система

Транспорт кислорода	Путь доставки кислорода	Строение	Функции
Верхние дыхательные пути	Носовая полость	Начальный отдел дыхательного пути. От ноздрей воздух проходит по носовым ходам, выстланным слизистым, реснитчатым и чувствительным эпителием	Увлажнение, согревание, обеззараживание воздуха, удаление частиц пыли. В носовых ходах находятся обонятельные рецепторы
	Глотка	Состоит из носоглотки и ротовой части глотки, переходящей в гортань	Проведение согретого и очищенного воздуха в гортань
	Гортань	Полый орган, в стенках которого имеется несколько хрящей — щитовидный, надгортанный и др. Между хрящами находятся голосовые связки, образующие голосовую щель	Проведение воздуха из глотки в трахею. Защита дыхательных путей от попадания пищи надгортанным хрящом. Образование звуков путем колебания голосовых связок, движения языка, губ, челюсти
	Трахея	Дыхательная трубка длиной около 12 см, в стенке ее находятся хрящевые полукольца. Расположена впереди пищевода	Свободное продвижение воздуха
	Бронхи	Левый и правый бронхи укреплены хрящевыми полукольцами. В легких крупные бронхи ветвятся на более мелкие, в которых количество хрящей постепенно уменьшается. Конечные разветвления бронхов в легких — бронхиолы	Свободное продвижение воздуха

Легкие	Легкие	Правое легкое состоит из трех долей, левое — из двух. Находятся в грудной полости тела. Покрыты плеврой. Лежат в плевральных мешках. Имеют губчатое строение	Органы дыхания. Дыхательные движения осуществляются под контролем центральной нервной системы и гуморального фактора, содержащегося в крови, — CO_2
	Альвеолы	Легочные пузырьки, состоящие из тонкого слоя плоского эпителия, густо оплетенные капиллярами, образуют окончания бронхиол	Увеличивают площадь дыхательной поверхности, осуществляют газообмен между кровью и легкими
Кровеносная система	Капилляры легких	Стенки состоят из однослойного эпителия. Концентрация газов в капиллярах и альвеолах разная. Кровь в капиллярах венозная, насыщенная CO_2	Транспортируют венозную кровь из легочной артерии в легкие. По законам диффузии O_2 поступает из мест большей концентрации (альвеолы) в места меньшей концентрации (капилляры), в то же время CO_2 диффундирует в противоположном направлении
	Легочная вена	Капилляры, соединяясь в более крупные сосуды, образуют легочную вену, которая заканчивается у левого предсердия	Транспортирует O_2 от легких к сердцу. Кислород, попав в кровь, сначала растворяется в плазме, затем соединяется с гемоглобином, и кровь становится артериальной

Окончание табл. 115

Транспорт кислорода	Путь доставки кислорода	Строение	Функции
Кровеносная система	Сердце	Левая — артериальная — сторона сердца состоит из левого предсердия и левого желудочка, соединенных двустворчатым клапаном	Проталкивает артериальную кровь по большому кругу кровообращения
	Артерии	Кровеносные сосуды большого и малого кругов кровообращения разветвляются на более мелкие артериолы, а затем на капилляры	Обогащают кислородом все органы и ткани. Легочные артерии несут венозную кровь к легким
	Капилляры тела	Строение такое же, как и капилляров легких, но кровь они приносят артериальную, насыщенную O_2	Осуществляют газообмен между кровью и тканевой жидкостью. O_2 переходит в тканевую жидкость, а CO_2 диффундирует в кровь. Кровь становится венозной
Клетка	Митохондрии	Органеллы клеток, в которых содержатся дыхательные ферменты. На внутренней мембране, образующей кристы, и в матриксе осуществляется кислородный этап дыхания	Клеточное дыхание — усвоение O_2 воздуха. Органические вещества благодаря O_2 и дыхательным ферментам окисляются (диссимиляция). Конечные продукты — H_2O, CO_2 и энергия, которая идет на синтез АТФ. H_2O и CO_2 выделяются в тканевую жидкость, из которой они диффундируют в кровь

ТЕМА. Пищеварение

Питательные вещества и пищевые продукты. Пищеварение, ферменты и их роль в пищеварении. Строение органов пищеварения. Пищеварение в полости рта. Глотание. Работы И. П. Павлова по изучению деятельности слюнных желез. Пищеварение в желудке. Понятие о нервно-гуморальной регуляции желудочного сокоотделения. Работы И. П. Павлова по изучению пищеварения в желудке. Печень, поджелудочная железа и их роль в пищеварении. Изменение питательных веществ в кишечнике. Всасывание. Гигиена питания.

Задание 55

- Прочитать имеющийся учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 61.
- Дать подписи к рисунку 134.
- Проанализировать таблицу 116 и рисунок 135.
- Проверить по словарю знание терминов и понятий.

Вопросы для самоконтроля

- Как формировалась пищеварительная система в процессе эволюции?
- Из какого зародышевого листка образуются органы пищеварения в онтогенезе?
- Из каких тканей состоят пищеварительные железы, кишечник, пищевод?
- Что контролирует и регулирует деятельность пищеварительных органов?
- Как подразделяются зубы по строению и функции? Составьте зубную формулу.
- Какова роль языка в процессе пищеварения?
- Какие железы находятся во рту и каковы их функции? Назовите железы.
- При каком условии осуществляется глотательное движение, какова роль надгортанного хряща?
- Как устроен желудок? Из каких тканей состоит стенка желудка?
- Каково значение соляной кислоты, выделяющейся в желудке? В каких отделах желудка она не продуцируется?
- Где образуется фермент птиалин (амилаза, мальтаза) и что он расщепляет?
- Что расщепляет фермент пепсин и в какой среде он функционирует?
- Какие органические вещества пищи расщепляются в желудке и до какого уровня?
- Где находится двенадцатиперстная кишка и почему она так называется? В состав какого отдела кишечника она входит?

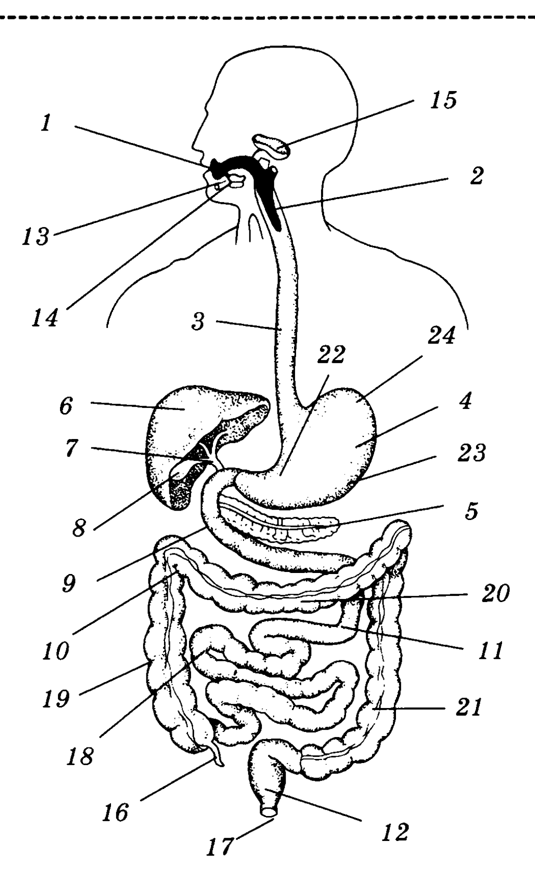


Рис. 134. Схема строения пищеварительной системы

- Куда впадает желчный проток и каково значение желчи?
- Какие ферменты действуют только в щелочной среде?
- Что продуцирует поджелудочная железа, куда впадают ее протоки и какова ее роль в пищеварении?
- Каковы строение и функции печени?
- Каким образом выводится из печени гемоглобин разрушившихся эритроцитов?
- Какую функцию выполняет тонкий кишечник?
- Какие симбиотические организмы обитают в толстой кишке и какова их роль?
- Каково строение ворсинки кишечника?
- Какие питательные вещества проникают через ворсинки кишечника, куда они попадают?
- Какова роль эпителия кишечника в процессе всасывания питательных веществ?

- Почему лимфа, оттекающая от кишечника, имеет вид молока?
- В чем заключается барьерная роль печени?
- Где начинается и куда впадает воротная вена печени?
- Каков путь белков, жиров, углеводов от начала пищеварения до полного расщепления?
- Что представляют собой конечные продукты пищеварения?
- Как объяснить физиологию пищеварения с позиций учения И. П. Павлова? Когда образуется «запальный» сок?
- Какие системы регулируют пищеварение и почему оно осуществляется в разных отделах тракта согласованно?
- Чем могут быть вызваны пищевые отравления, какие существуют профилактические меры и какую первую помощь нужно оказывать пострадавшему?
- Почему люди физического труда и спортсмены должны получать более калорийную пищу?
- Почему пища должна быть разнообразной, полноценной и потребляться в определенные часы?
- Каково значение пищи для организма?
- В чем отличие пищи от питательных веществ?

Контрольная работа № 61

1. Какие вещества расщепляются ферментом птиалином (белок, жиры, углеводы)?
2. Какие вещества расщепляет фермент желудочного сока пепсин (белки, жиры, углеводы)?
3. В какой среде наиболее активен фермент липаза (нейтральная, кислая, щелочная) и что он расщепляет (белки, жиры, углеводы)?
4. Какая пищеварительная железа выполняет следующие функции: очищает кровь от вредных веществ, превращает глюкозу в гликоген, аммиак — в мочевину, выводит из крови разрушившийся гемоглобин, создает щелочную среду в кишечнике (желудок, печень, поджелудочная железа, слюнная железа)?
5. Какие органические вещества синтезируются в эпителии кишечника и всасываются в лимфатическую систему (глюкоза, аминокислоты, глицерин, соли жирных кислот, жиры)?
6. В каком отделе пищеварительного тракта всасывается основная масса воды (желудок, тонкие кишки, толстая кишка, прямая кишка), куда она попадает (лимфа, тканевая жидкость, кровяное русло)?
7. Где расщепляется клетчатка (желудок, тонкие кишки, толстая кишка)?

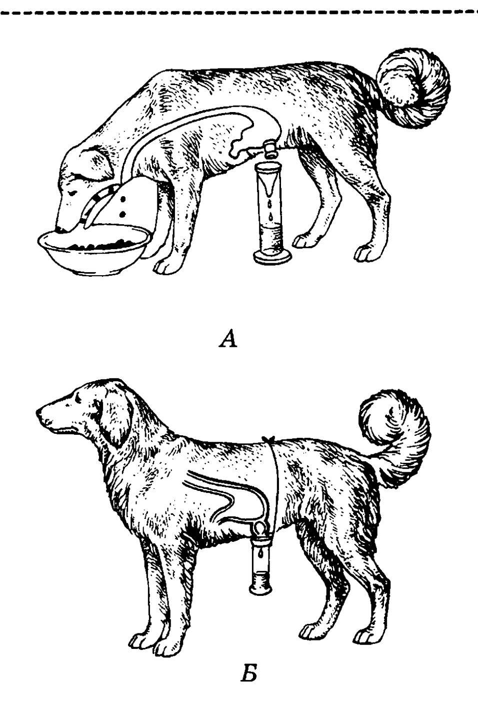


Рис. 135. Опыты И. П. Павлова по изучению пищеварения у собак:
А — мнимое кормление: пища выходит в рассеченный пищевод, но желудочный сок рефлекторно выделяется — это запальный сок, выходящий через фистулу в течение 50—60 мин. *Б* — отделение маленького желудочка путем изоляции внутренней полости, но с сохранением стенок, общих для всего желудка. Сначала при попадании пищи в желудок выделяется запальный сок, а затем при гуморальном воздействии происходит многочасовое выделение желудочного сока

8. Каково значение перистальтических (сжимающих) движений кишечника (проведение пищевой массы, проталкивание массы, задержание массы)?

9. Что продуцирует поджелудочная железа (пепсин, птиалин, химозин, трипсин, липазу, мальтазу, амипазу)?

10. Вдоль какой кривизны желудка стекает по бороздам жидкость (большая, малая, все тело)?

11. Какой гормон выделяется при переваривании пищи в желудке (энтерокиназа, гастрин, адреналин, секретин)?

12. В каком отделе кишечника обитают симбиотические бактерии (двенадцатиперстная кишка, тощая кишка, толстая кишка) и какова их роль (паразиты, утилизаторы клетчатки, производители витаминов)?

Таблица 116. Пищеварительная система

Отделы пищеварительного тракта		Строение	Функции
Ротовая полость	Зубы	Всего 32 зуба: по четыре плоских резца, по два клыка, по четыре малых и шесть больших коренных зубов на верхней и нижней челюстях. Зуб состоит из корня, шейки и коронки. Зубная ткань — дентин. Коронка покрыта прочной эмалью. Полость зуба заполнена пульпой, несущей нервные окончания и кровеносные сосуды	Откусывание и пережевывание пищи. Механическая обработка пищи необходима для ее последующего переваривания. Измельченная пища доступна действию пищеварительных соков. Зубная формула: 3212 | 2123 — верхняя челюсть 3212 | 2123 — нижняя челюсть
	Язык	Мышечный орган, покрытый слизистой оболочкой. Задняя часть языка — корень, передняя свободная — тело, заканчивающееся закругленной верхушкой, верхняя сторона языка — спинка, на ней находятся вкусовые рецепторы	Орган вкуса и речи. Тело языка формирует пищевой комок, корень языка участвует в глотательном движении, которое осуществляется рефлекторно. Слизистая оболочка снабжена вкусовыми рецепторами
	Слюнные железы	Три пары слюнных желез, образованных железистым эпителием. Пара желез — околоушные, пара — подъязычные, пара — подчелюстные. Протоки желез открываются в ротовую полость. pH слюны = 6,5–7,5. Слюна содержит слизь (муцин), обеззараживающее вещество лизоцим и прозрачный секрет с ферментами	Выделяют слюну рефлекторно. Слюна смачивает пищу во время ее пережевывания, способствуя образованию пищевого комка для проглатывания пищи. Содержит пищеварительный фермент птиалин, расщепляющий крахмал до мальтозы, и небольшое количество фермента мальтазы, расщепляющего мальтозу до глюкозы
Глотка, пищевод		Верхняя часть пищеварительного канала, представляющая собой трубку длиной 25 см. Верхняя часть трубки состоит из поперечнополосатой, а нижняя часть — из гладкой мышечной ткани. Выстлана плоским эпителием	Проглатывание пищи. Во время глотания пищевой комок проходит в глотку, при этом мягкое нёбо приподнимается и загораживает вход в носоглотку, а надгортанник закрывает вход в гортань. Глотание рефлекторное

Продолжение табл. 116

Отделы пищеварительного тракта		Строение	Функции
Желудок		Расширенная часть пищеварительного канала грушевидной формы объемом до 3 л; имеются входное и выходное отверстия. Стенки состоят из гладкой мышечной ткани, выстланы железистым эпителием и покрыты серозной оболочкой. Железы вырабатывают желудочный сок (содержащий фермент пепсин), соляную кислоту и слизь. Кроме того, содержатся ферменты химозин (створаживающий молоко) и лактаза (расщепляющая молочный сахар — лактозу). pH желудочного сока = 1, pH с пищей = 3	Переваривание пищи. Сокращения стенок желудка способствуют перемешиванию пищи с желудочным соком, который выделяется рефлекторно. В кислой среде фермент пепсин расщепляет сложные белки до более простых. Фермент слюны птиалин продолжает расщеплять крахмал до тех пор, пока пищевой комок не пропитается желудочным соком и не произойдет нейтрализация фермента. У входа и выхода из желудка соляная кислота не вырабатывается. Образование новых порций желудочного сока происходит под действием гормона гастрина
Пищеварительные железы	Печень	Самая крупная пищеварительная железа массой до 1,5 кг. Состоит из многочисленных железистых клеток, образующих дольки. Между ними находится соединительная ткань, желчные протоки, кровеносные и лимфатические сосуды. Желчные протоки впадают в желчный пузырь, где собирается желчь (горькая, слабощелочная прозрачная жидкость желтоватого или зеленовато-бурого цвета — окраску придают пигменты, образующиеся при расщеплении гемоглобина). Желчь содержит продукты обезвреживания ядовитых и вредных веществ	Вырабатывается желчь, которая скапливается в желчном пузыре и по протоку во время пищеварения поступает в кишечник. Желчные кислоты эмульгируют жиры (превращают их в эмульсию, которая подвергается расщеплению пищеварительными соками), что способствует активизации поджелудочного сока. Барьерная роль печени заключается в обезвреживании вредных и ядовитых веществ. В печени происходят следующие процессы: образование гликогена из глюкозы под воздействием гормона инсулина, разложение гликогена на глюкозу (под воздействием глюкагона), дезаминирование аминокислот, выработка белков-ферментов протромбина, фибриногена, образование солей мочевой кислоты из аммиака, синтез холестерина и витамина А

Продолжение табл. 116

Отделы пищеварительного тракта		Строение	Функции
	Поджелудочная железа	Железа гроздевидной формы длиной 10–12 см. Состоит из головки, тела и хвоста. Поджелудочный сок содержит пищеварительные ферменты. Деятельность железы регулируется вегетативной нервной системой (блуждающий нерв), гуморально (соляной кислотой желудочного сока и гормоном секретином)	Выработка поджелудочного сока, который по протоку впадает в кишечник во время пищеварения. Реакция сока щелочная. В нем содержатся следующие ферменты: трипсин (расщепляет белки до пептидов), химотрипсин (расщепляет белки до аминокислот), липаза (расщепляет жиры на глицерин и жирные кислоты), амилаза (расщепляет углеводы до глюкозы), рибонуклеаза и дезоксирибонуклеаза (расщепляющие до нуклеотидов РНК и ДНК соответственно). Кроме выполнения пищеварительной функции железа вырабатывает гормоны инсулин и глюкагон, которые поступают в кровь, а затем в печени участвуют в преобразованиях глюкозы и гликогена
Кишечник	Двенадцатиперстная кишка (начальный отдел тонкого кишечника)	Начальный отдел тонкого кишечника длиной до 30 см. В него открываются общим устьем протоки поджелудочной железы и желчного пузыря. Стенки кишки состоят из гладких мышц, сокращаются непроизвольно. Железистый эпителий вырабатывает кишечный сок. Снаружи кишка покрыта серозной оболочкой	Переваривание пищи. Пищевая кашица (химус) порциями поступает из желудка и подвергается действию трех ферментов: трипсина, амилазы и липазы, а также кишечного сока и желчи. Среда щелочная. Белки расщепляются до аминокислот, углеводы — до глюкозы, жиры — до глицерина и жирных кислот, чему способствует также фермент кишечника энтерокиназа
	Тонкий кишечник	Самая длинная часть пищеварительной системы — длина 5–6 м. Включает в себя тощую и подвздошную кишку. Стенки состоят из гладких мышц, способных к перистальтическим движениям. Слизистая оболочка образует ворсинки, к которым подходят кровеносные и лимфатические капилляры. Снаружи кишки покрыты серозной оболочкой. Переваривание пищи продолжается около 8 ч	Переваривание пищи, разжижение пищевой кашицы пищеварительными соками, перемещение ее посредством перистальтических движений. Всасывание через ворсинки в кровь аминокислот и глюкозы. Глицерин и омыленные жирные кислоты всасываются в клетки эпителия, где из них синтезируются собственные жиры организма, которые поступают сначала в лимфу, а затем в кровь, которая по воротной системе поступает в печень

Окончание табл. 116

Отделы пищеварительного тракта		Строение	Функции
	Толстый кишечник, прямая кишка	Имеет длину до 1,5 м, диаметр в 2–3 раза больше, чем у тонкого кишечника. Вырабатывает только слизь. Здесь обитают симбиотические бактерии, расщепляющие клетчатку и синтезирующие витамины K и B_{12}, которые используются организмом. По толстому кишечнику пища проходит 12–24 ч. Прямая кишка — конечный отдел тракта, заканчивается заднепроходным отверстием, которое замыкает анальный сфинктер	Всасывание воды. Расщепление клетчатки симбиотическими бактериями (в основном кишечной палочкой), извлекающими из нее энергию. Образующиеся в процессе пищеварения ядовитые вещества всасываются в кровь, по воротной вене поступают в печень, где обезвреживаются. Образование каловых масс. Рефлекторное выведение кала наружу

ТЕМА. Обмен веществ

Водно-солевой, белковый, жировой и углеводный обмен. Распад и окисление органических веществ в клетках. Ферменты. Ассимиляция и диссимиляция — две стороны единого процесса обмена веществ. Обмен веществ между организмом и окружающей средой. Нормы питания. Значение правильного питания. Витамины и их значение для организма.

Задание 56

- Повторить материал по теме «Обмен веществ и энергии в клетке», а также учебный материал. Изучить схему 61, таблицу 117.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 62.
- Проанализировать таблицы 118, 119 «Витамины».
- Выполнить контрольную работу № 63.

Вопросы для самоконтроля

- Что включают в себя процессы ассимиляции и диссимиляции?
- Чем регулируется обмен веществ в организме?
- Почему ассимиляцию называют пластическим обменом, а диссимиляцию — энергетическим обменом?
- Каким образом белки одновременно участвуют в процессах диссимиляции и ассимиляции?
- Что образуется в процессе расщепления углеводов?
- Какие вещества создаются за счет расщепляющихся углеводов?
- Могут ли жиры и углеводы переходить друг в друга?
- Какие три этапа диссимиляции происходят в организме и в каких органах и органеллах?

- Что означает понятие «усвоение пищи»? Где усваивается пища?
- Оба ли процесса обмена веществ протекают с участием ферментов?
- До каких конечных продуктов расщепляются белки, жиры, углеводы?
- Чем регулируется белковый обмен, жировой обмен, углеводный обмен в отдельности?
- Какую роль в обмене веществ играют вода и минеральные соли?
- Как выводятся из организма CO_2, H_2O, соли, мочевина?
- Выделяются ли при нормальной работе организма нерасщепленные белки, жиры, углеводы?
- Как переводится на русский язык слово «витамины» и кем они были открыты?
- Каково значение различных витаминов для организма?
- Какие болезни авитаминоза вам известны?
- В каком случае применяют синтетические витамины?
- В какое время года наиболее вероятен недостаток витаминов?
- Почему всем людям, особенно детям, надо больше бывать на солнце?

Контрольная работа № 62 (обмен веществ)

1. Какое органическое вещество является исходным в экологической системе (белки, жиры, углеводы)?
2. Что образуется при диссимиляции углеводов в процессе дыхания (ряд органических кислот, АТФ, вода, теплота, O_2, CO_2)?
3. В каких реакциях участвуют органические кислоты, получившиеся при расщеплении углеводов (образование аминокислот, жирных кислот, клетчатки, молекул воды)?
4. Какие белки расщепляются в клетках человека при диссимиляции (растительные, животные, собственные белки человека)?
5. Где находятся дыхательные пигменты (легкие, митохондрии, эритроциты)?
6. Где функционируют дыхательные ферменты (легкие, митохондрии)?
7. Где ассимилируются углеводы у растений (митохондрии, пластиды, рибосомы, каналы ЭС)?
8. Какие соединения могут откладываться в запас в организме человека (белки, жиры,углеводы)?
9. Где у человека находятся центры голода и жажды (кора больших полушарий, продолговатый мозг, гипоталамус)?
10. Что приводит человека к ожирению (преобладание диссимиляции над ассимиляцией, преобладание ассимиляции над диссимиляцией, нарушение функций гипоталамуса, нарушение функций щитовидной железы)?
11. Какие аминокислоты называют незаменимыми (их нет в животной пище, их нет в растительной пище, они не синтезируются самим организмом)?
12. В каком порядке организм расходует органические вещества тела при голодании (белки, жиры, углеводы)?

Схема 61. Обмен веществ в организме

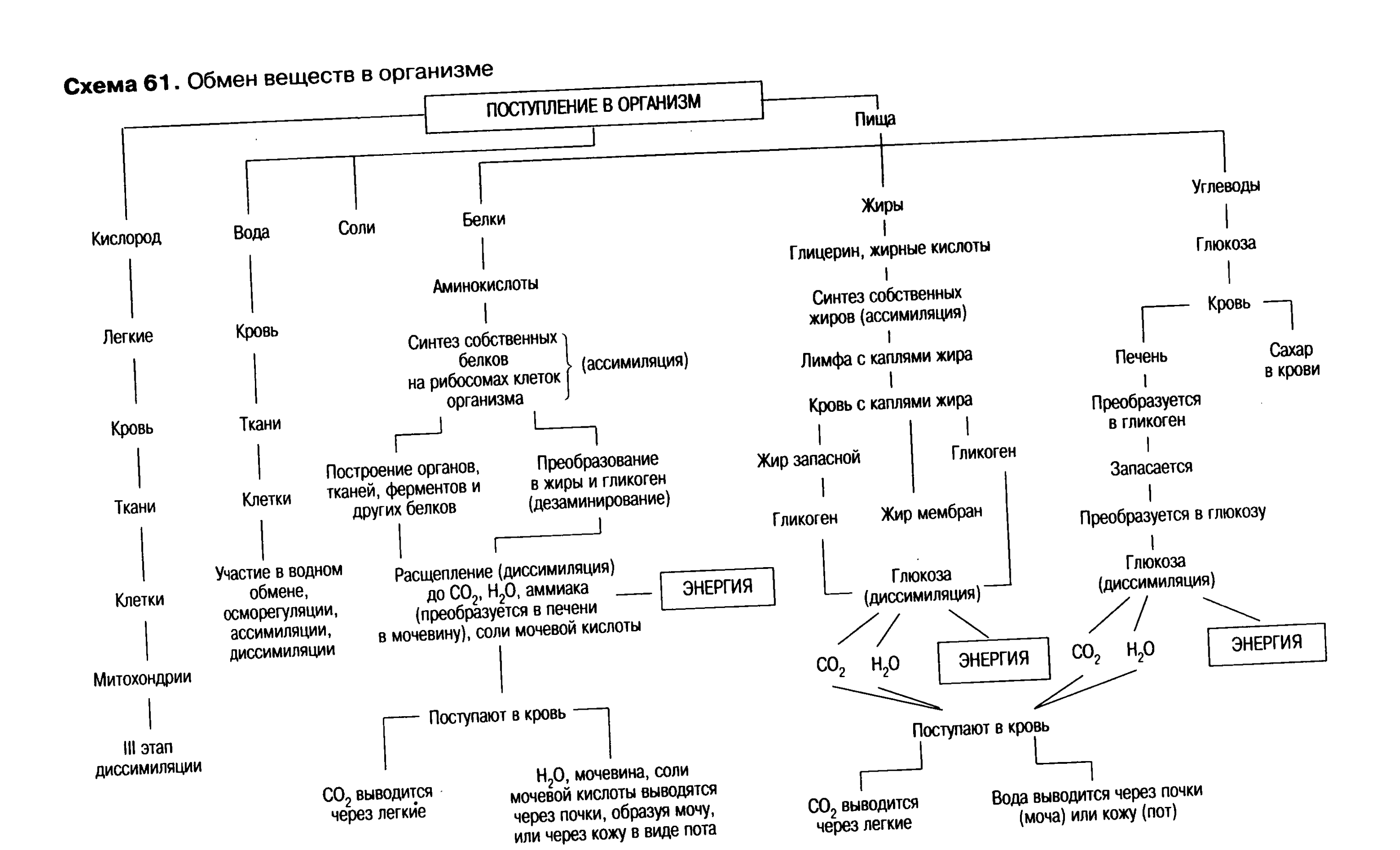


Таблица 117. Обмен веществ

Показатели	Белки	Жиры	Углеводы
Мономеры (или исходные вещества)	Аминокислоты	Глицерин и жирные кислоты	Глюкоза
Процесс ассимиляции	Биосинтез белка	Синтез жиров	Фотосинтез углеводов
Органеллы на клеточном уровне	На рибосомах	В каналах ЭПС	В хлоропластах
Энергия	Поглощается	Поглощается	Поглощается
Процесс диссимиляции на уровне пищеварительной системы	До аминокислот	До глицерина и жирных кислот	До глюкозы
Ферменты	Пепсин, трипсин	Липаза	Птиалин, мальтаза, амилаза
Энергия	Тепловая	Тепловая	Тепловая
Диссимиляция на клеточном уровне в митохондриях	Ацетил-КоА, оксалоацетат, α-кетоглюторат, фумарат, сукцинат, мочевина, аммиак, мочевая кислота	Ацетил-КоА пропионил-КоА и глицерин	Пируват, триозофосфаты
Форма запасания энергии	АТФ	АТФ	АТФ
Конечные продукты обмена	CO_2, H_2O, мочевина, соли мочевой кислоты	CO_2, H_2O	CO_2, H_2O
Регуляторы обмена	Гормоны: соматотропин, тироксин, глюкокортикоиды, половые гормоны	Гормоны: липотропин, тироксин, глюкокортикоиды, половые гормоны	Гормоны: инсулин, глюкагон, глюкокортикоиды, адреналин, липотропин. Симпатическая НС
Калорийность (кДж/г)	17,6	38,9	17,6
Суточная потребность, г	80–150	80–100	500

Контрольная работа № 63 (витамины)

1. На какие группы по физическим свойствам делят витамины (спирторастворимые, водорастворимые, жирорастворимые, нерастворимые)?
2. Какие витамины синтезируются кишечными симбиотическими бактериями (D, E, K, B_2, B_6, H)?
3. Недостаток какого витамина приводит к кровоточивости десен (A, D, C, H)?
4. Недостаток каких витаминов приводит к нарушению обмена веществ (B_1, B_6, B_C, A, E)?
5. Какой витамин содержится в капустном соке (A, D, N, U, B_{12})?
6. Недостаток какого витамина угнетает синтез нейрогормона (рутин, улькус, холин, ретинол)?
7. Недостаток какого провитамина вызывает болезнь куриная слепота (C, D, E, A)?
8. Авитаминозом какого витамина является нарушение клеточного дыхания (N, P, U, E)?
9. Какие витамины нерастворимы в воде (A, B, C, D)?
10. При недостатке какого витамина нарушается минеральный состав костей (A, B, C, D)?
11. Недостаток какого витамина приводит к малокровию (B_1, B_6, B_{12}, C)?
12. Какой из названных витаминов (A, B, C, D) повышает сопротивляемость организма к простудным заболеваниям?

Таблица 118. Жирорастворимые витамины

Название витамина	Химическое наименование	Болезнь авитаминоза	Источник поступления
A	Ретинол	Куриная слепота, нарушение минерального и общего обмена веществ, ороговение кожи	Зеленые растения (зелень) в виде провитамина A, в организме при участии фермента каротиназы и холина каротин превращается в витамин A. Жир печени морских животных и рыб
D	Кальциферол	Рахит у детей. Нарушение кальце-фосфорного обмена с нарушением костеобразования, функций нервно-мышечного аппарата и расстройств центральной нервной системы	Рыбий жир; солнечный свет, под действием которого провитамин D, вырабатывающийся в коже человека, преобразуется в витамин D

Окончание табл. 118

Название витамина	Химическое наименование	Болезнь авитаминоза	Источник поступления
Е	Токоферол	Нарушение процесса оплодотворения, выкидыши, мышечная дистрофия	Зеленые растения (зелень), молодые проростки злаков. Животные витамин Е не синтезируют, но он содержится в мясе, печени, масле, молоке
К	Филлохинон Фарнохинон Викасол	Кровоточивость — несвертываемость крови, незаживление ран, отсутствие иммунитета к инфекциям	Зеленые растения (зелень), синтезируются кишечными бактериями самого человека

Таблица 119. Водорастворимые витамины

Название	Химическое наименование	Болезнь авитаминоза	Источник поступления
B_1	Тимин	Бери-бери (недостаточность сердечно-сосудистой системы и поражение нервной системы), нарушение углеводного и белкового обмена	Зеленые растения (зелень), зародыши и оболочки зерновок злаков (хлеб, мука грубого помола, отруби), дрожжи
B_2	Рибофлавин	Поражение слизистой оболочки рта, шелушение кожи, заеды, трещины губ, слезоточивость, светобоязнь	Дрожжи, яичный белок, молоко, печень, мясо, рыба, птица. В растениях встречается мало
B_5	Пантотеновая кислота	Угнетенное состояние, апатия, неустойчивость сердечно-сосудистой системы, синдром «жжения ног»	Синтезируется кишечными бактериями и содержится во всех продуктах
B_6	Пиридоксин	Снижение аппетита, тошнота, стоматит, дерматит, психическое расстройство. У детей судороги и анемия	Синтезируется кишечными бактериями и содержится во всех продуктах. В мясных изделиях при тепловой обработке теряется 20–50%

Окончание табл. 119

Название	Химическое наименование	Болезнь авитаминоза	Источник поступления
B_{12}	Цианокобаламин	Анемия, возникающая из-за неусвоения в желудке кобаламина	Продукты животного происхождения
B_C	Фолиевая кислота	Анемия, лейконемия, гастрит, стоматит	Дрожжи, печень, грибы, шпинат, цветная капуста, зелень. Молочнокислые бактерии синтезируют B_C
H	Биотин	Поражение кожи, потеря аппетита, тошнота, отечность языка, вялость, депрессия. Наступает часто от употребления сырого белка яиц	Синтезируется кишечными бактериями. Поступает с пищей: печень, почки, содержится в тех же продуктах, что и витамины группы В
–	Холин	Жировая дистрофия печени, нарушение кроветворения и синтеза нейрогормона ацетилхолина	Печень, мозг, белая мука, яйца, мясо, злаки, овощи. В организме холин синтезируется из метионина
N	Липоевая кислота	Нарушение жирового обмена и как следствие поражение печени и сосудов (атеросклероз)	Мясо (говядина), молоко, рис и немного в овощах
U	Улькус (лат. «язва»)	Эррозивные процессы в слизистой оболочке желудка и двенадцатиперстной кишки	Капустный сок и сок свежих овощей
C	Аскорбиновая кислота	Цинга (кровоточивость десен, кровоизлияния в мышцах, под кожу, в суставы). Анемия	Продукты растительного происхождения: шиповник, репа, черная смородина, цитрусовые, помидоры, капуста, картофель, болгарский перец
P	Рутин Катехин	Подкожные кровоизлияния в волосяные сумки, нарушение проницаемости капилляров, а следовательно, клеточного дыхания	Цитрусовые, черная смородина, шиповник, листья чая

ТЕМА. Выделение

Органы мочевыделительной системы. Значение выделения продуктов обмена веществ.

Задание 57

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 64.
- Дать подписи к рисунку 136, изучить рисунок 137.
- Проанализировать таблицу 120, схему 62.

Вопросы для самоконтроля

- Какие органы в процессе эволюции животных выполняли выделительную функцию?
- В чем отличие выделительной системы от пищеварительной?
- Что выводится из организма после прохождения съеденного через пищеварительную систему и что — через выделительную?
- Где расположены почки, сколько их и какую они имеют форму?
- К какой системе органов относятся почки?
- Что называют воротами почки?
- Из каких тканей и структур состоит кора почек?
- В состав какой части почки входят пирамидки?
- Из чего состоит нефрон — почечное тельце?
- Какие кровеносные сосуды входят в капсулу?
- Какая особенность строения клеточных мембран способствует фильтрации крови из капилляров в капсулу нефрона?
- Что такое первичная моча, где и из чего она образуется, каков ее химический состав?
- Какова роль извитого канальца в образовании вторичной мочи?
- Что такое пороговые вещества?
- Каковы особенности эпителия извитого канальца?
- Каков химический состав вторичной мочи?
- О чем свидетельствует присутствие во вторичной моче белка, сахара, эритроцитов?
- Каков путь вторичной мочи после выхода из извитого канальца?
- Из каких тканей состоят мочевыводящие пути?
- Почему нельзя задерживать мочу в организме?
- Чем регулируется работа почек и мочевого пузыря?

Контрольная работа № 64

1. Из какого зародышевого листка формируется выделительная система (эктодерма, мезодерма, энтодерма)?
2. Чему гомологичны метанефридии кольчатых червей (почки, мочевой пузырь, нефроны, мочеиспускательный канал)?

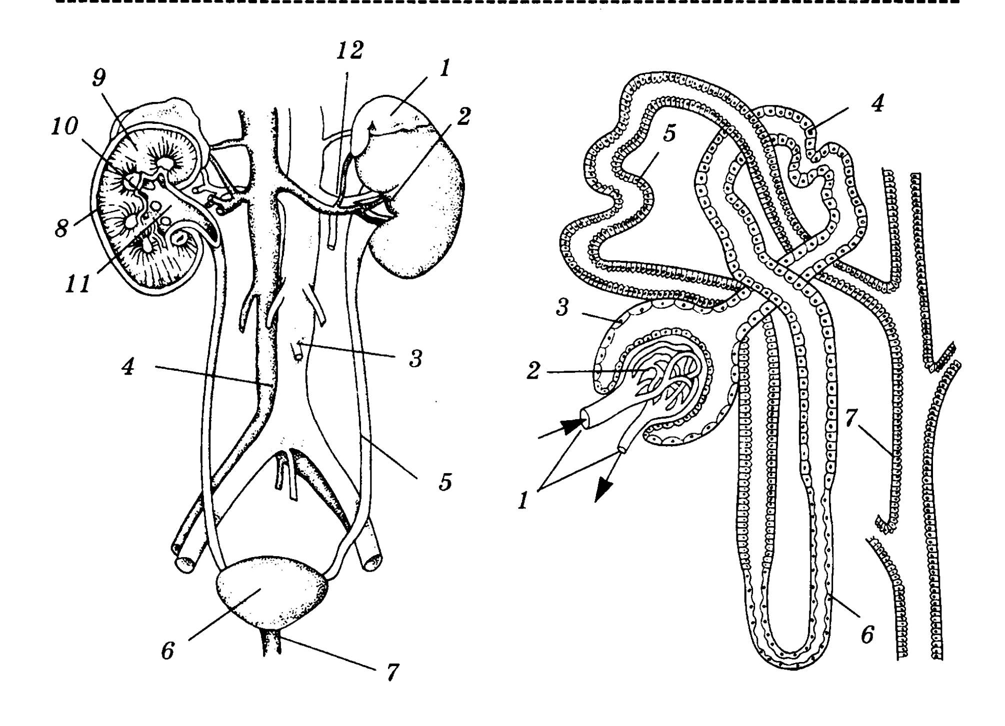


Рис. 136. Схема строения мочевыделительной системы

Рис. 137. Строение нефрона (*справа*):

1 — приносящие и выносящие артериолы, *2* — мальпигиев клубочек (клубочек капилляров), *3* — капсула Боумена-Шумлянского, *4* — извитые канальцы I порядка, *5* — извитые канальцы II порядка, образующиеся после петли Генле, *6* — петля Генле, *7* — собирательные трубочки

3. Где происходит фильтрация крови (пирамидки, лоханка, нефроны, ворота почки)?

4. Что выходит в капсулу из клубочка капилляров (вода, белок, сахар, мочевина, соли, клетки крови)?

5. Что возвращается в кровяное русло при образовании вторичной мочи (вода, соли, мочевина, сахар)?

6. Какие особенности строения эпителия капсулы Боумена—Шумлянского и эндотелия капилляров способствуют проникновению воды, растворенных в ней веществ, кроме белков, из капилляра внутрь капсулы (полупроницаемость мембраны, полная проницаемость мембраны, наличие щелей)?

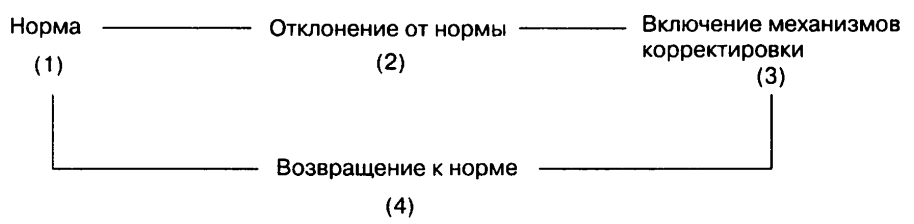
7. В какой части почки находятся капсулы нефронов (лоханка, кора, мозговое вещество)?

8. Из каких тканей состоят органы выделительной системы (поперечнополосатые мышцы, гладкие мышцы, эпителий, паренхима, волокнистая соединительная ткань)?

9. Какие органы и системы органов выполняют выделительную функцию (почки, легкие, кожа, печень, желудок, кишечник)?

10. Каково значение всей выделительной системы организма (выведение CO_2, воды, солей и мочевины, остатков пищи)?

Схема 62. Отрицательная обратная связь как основной механизм поддержания гомеостаза



На примере регуляции уровня сахара в крови:

1 — нормальный уровень сахара в крови;

2 — повышение уровня сахара (вследствие различных причин: недостаток инсулина, переедание сладкого);

3 — активизация симпатической системы;

4 — сброс лишнего сахара через почки за счет уменьшения реабсорбции.

Таблица 120. Мочевыделительная система

Органы	Строение	Функции
Почки	*Кора почек* — темный наружный слой, в который погружены микроскопические маленькие почечные тельца — *нефроны*. Нефрон представляет собой капсулу, состоящую из однослойного эпителия, и извитой почечный каналец. В капсулу погружен клубочек капилляров, образованный разветвлением приносящей почечной артерии, вдвое превышающей диаметр выносящей	В нефроне образуется первичная моча. Почечная артерия приносит кровь, подлежащую очистке от конечных продуктов жизнедеятельности организма и избытка воды. В клубочке благодаря разнице диаметра приносящей и выносящей артерий создается повышенное кровяное давление, поэтому через щели в стенках капилляров в капсулу фильтруются вода, соли, мочевина, глюкоза, где они находятся в меньшей концентрации, всего 150 л первичной мочи/сут.

Продолжение табл. 120

Органы	Строение	Функции
Почки	*Мозговое вещество* представлено многочисленными извитыми канальцами, идущими от капсул нефронов и возвращающимися в кору почек. Светлый внутренний слой состоит из собирательных трубок, образующих пирамидки, обращенные вершинами внутрь и заканчивающиеся отверстиями	По извитым почечным канальцам, густо оплетенным капиллярами, из капсулы проходит первичная моча. Из первичной мочи в капилляры возвращается (реабсорбируется) часть воды, глюкоза. Оставшаяся более концентрированная вторичная моча поступает в пирамидки (ее объем 1,5 л/сут.)
	Почечная лоханка имеет форму воронки, широкой стороной обращенной к пирамидкам, узкой — к воротам почки. К ней примыкают две большие чашки	По трубочкам пирамидок, через сосочки, вторичная моча просачивается сначала в малые чашечки (их 8–9 штук), затем в две большие чашечки, а из них в почечную лоханку, где собирается и проводится в мочеточник
	Ворота почки — вогнутая сторона почки, от которой отходит мочеточник. Здесь же в почку входит почечная артерия и отсюда же выходит почечная вена	По мочеточнику вторичная моча постоянно стекает в мочевой пузырь. По почечной артерии непрерывно приносится кровь, подлежащая очистке от конечных продуктов жизнедеятельности. После прохождения через сосудистую систему почки кровь из артериальной становится венозной и выносится в почечную вену
Мочеточники	Парные трубки 30–35 см длиной, состоят из гладкой мускулатуры, выстланы эпителием, снаружи покрыты соединительной тканью	Соединяют почечную лоханку с мочевым пузырем

Окончание табл. 120

Органы	Строение	Функции
Мочевой пузырь	Мешок, стенки которого состоят из гладкой мускулатуры, выстланной переходным эпителием. У мочевого пузыря выделяют верхушку, тело и дно. В области дна к нему под острым углом подходят мочеточники. От дна же — шейки — начинается мочеиспускательный канал. Стенка мочевого пузыря состоит из трех слоев: слизистой оболочки, мышечного слоя и соединительнотканной оболочки. Слизистая оболочка выстлана переходным эпителием, способным собираться в складки и растягиваться. В области шейки мочевого пузыря имеется сфинктер (мышечный сжиматель)	Накапливает в течение 3–3,5 ч мочу, при сокращении стенок моча выделяется наружу
Мочеиспускательный канал	Трубка, стенки которой состоят из гладкой мускулатуры, выстланной эпителием (многорядным и цилиндрическим). У выходного отверстия канала имеется сфинктер	Выводит мочу во внешнюю среду

ТЕМА. Кожа

Строение и функции кожи. Роль кожи в регуляции теплоотдачи. Закаливание организма. Гигиена кожи и одежды.

Задание 58

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 65.
- Дать подписи к рисунку 138.
- Проанализировать таблицу 121.

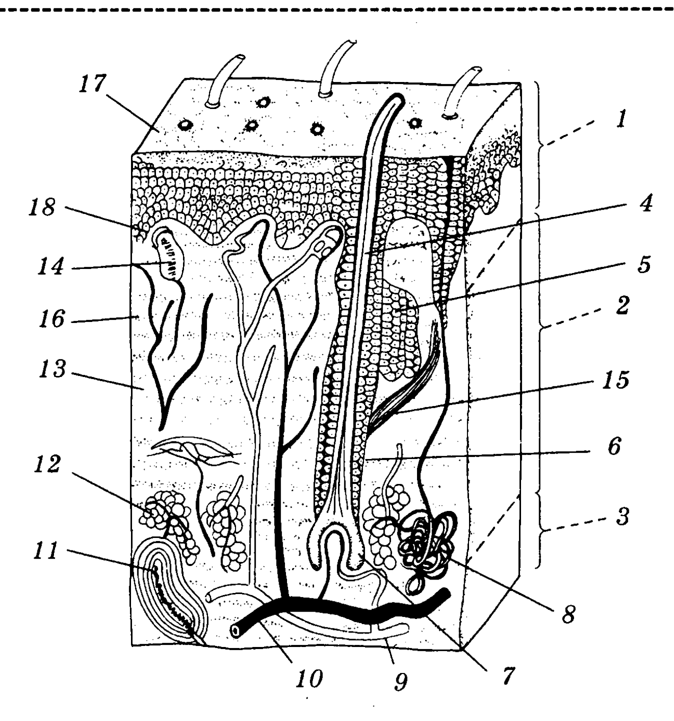


Рис. 138. Схема строения кожи

Вопросы для самоконтроля

- Какой покров характерен для различных типов червей и членистоногих?
- Как изменялся покров у представителей классов хордовых в процессе эволюции и с чем это было связано?
- У каких животных в кожном покрове наибольшее количество различных желез?
- Каково строение волоса и как он растет?
- Из какого зародышевого листка образуется кожный покров?
- Из каких слоев состоит кожа?
- Чем характеризуется эпидермис?
- Каково происхождение ногтей, когтей, волос? Как устроен ноготь?
- В каком слое кожи накапливается пигмент меланин и какова его роль?
- Из каких тканей состоят отдельные слои кожи?
- Что выводят потовые железы?
- Какова роль сальных желез?
- Что такое кожное чувство?
- Каковы функции подкожной жировой клетчатки?
- Каким образом кожа осуществляет терморегуляцию организма?

- Какое значение имеет гигиена кожи для общего состояния организма?
- Почему закаливание организма предохраняет от заболеваний?

Контрольная работа № 65

1. Какие функции выполняет кожа (выведение воды с минеральными солями и мочевиной, терморегуляция, защита органов, осязание, ориентация, дыхание, сохранение воды)?
2. Из каких слоев состоит эпидермис (мертвый ороговевший слой, подкожная жировая клетчатка, живые делящиеся клетки)?
3. В каком слое кожи находятся скопления потовых и сальных желез, волосяные сумки (эпидермис, собственно кожа, подкожная жировая клетчатка)?
4. Какой процесс происходит в потовых железах (очистка тканевой жидкости, очистка крови, очистка лимфы)?
5. В чем выражается терморегуляция кожи (испарение пота, расширение сосудов, сужение сосудов, дрожание кожи)?
6. Где находится центральный отдел кожного анализатора (в затылочной доле, в лобной доле, в теменной доле)?
7. В каких частях тела кожа обладает наибольшей чувствительностью (нос, губы, спина, живот, ладони рук, подошвы ног)?
8. В каком слое кожи находятся корни волос (дерма, эпидермис, подкожная жировая клетчатка)?

Таблица 121. Кожа

Слои кожи	Строение	Функции
Наружный слой — надкожица (эпидермис)	Представлена клетками многослойного эпителия. Наружный слой мертвый, ороговевший (из него же образованы волосы, ногти), внутренний слой состоит из живых делящихся клеток, содержит пигмент *меланин*. Эпидермис делят на слои: роговой, блестящий, зернистый, шиповатый, базальный	*Защитная*: не пропускает микробы, вредные вещества, жидкости, твердые частицы, газы. Живые клетки эпителия образуют клетки ороговевшего слоя; пигмент меланин придает коже окраску и поглощает ультрафиолетовые лучи, защищая этим организм; внутренний слой (базальный) вырабатывает витамин D, участвует в образовании новых клеток, синтезе меланина

Окончание табл. 121

Слои кожи	Строение	Функции
Внутренний слой — собственно кожа (дерма)	Представлена соединительной тканью и упругими волокнами, гладкой мышечной тканью. В коже находятся кровеносные капилляры, потовые и сальные железы, волосяные сумки, рецепторы, воспринимающие тепло, холод, прикосновение, давление. Дерма состоит из слоев: сосочковый, вдающийся в эпидермис, и сетчатый из плотных волокон	*Регуляция теплоотдачи*: при расширении капилляров выделяется тепло, при сужении — сохраняется тепло. *Выделение влаги с солями, мочевиной в виде пота. Кожное дыхание. Орган осязания, кожное чувство* (особенно на кончиках пальцев). Волосы на коже у человека — это рудименты, однако они сохранили способность подниматься. Сало сальных желез смазывает кожу и волосы, предохраняет от микробов
Подкожная жировая клетчатка	Представлена пучками соединительнотканных волокон и жировыми клетками рыхлой соединительной ткани. Сквозь нее в кожу проходят кровеносные сосуды, нервы	Сохранение тепла. *Смягчение ударов и защита внутренних органов. Запасание жира.* Связь кожи с внутренними тканями тела

ТЕМА. Анализаторы. Органы чувств

Значение органов чувств. Анализаторы. Строение и функции органа зрения. Гигиена зрения. Строение и функции органа слуха. Гигиена слуха.

Задание 59

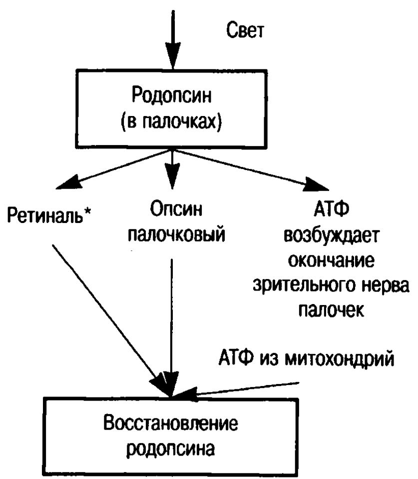
- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 66.
- Дать подписи к рисункам 139, 140.
- Проанализировать таблицы 122, 123, схему 63, рисунок 141.

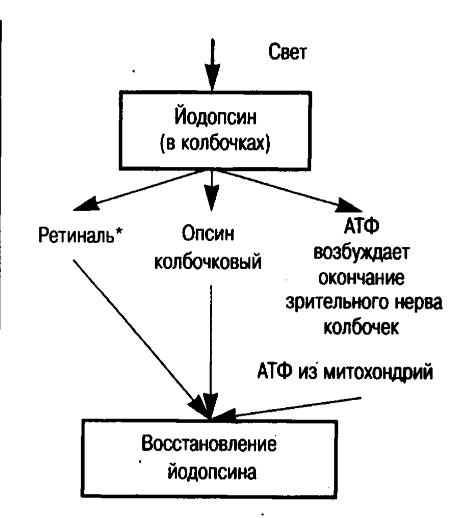
Вопросы для самоконтроля

- Как развивались органы чувств в процессе эволюции у беспозвоночных и у хордовых животных?
- У каких животных впервые появились веки, ресницы, двойная аккомодация, шаровидная форма глазного яблока?

- Что такое зрение?
- Чем защищен глаз?
- Каково назначение слезной железы и слезного канала?
- Какие оболочки покрывают глазное яблоко?
- Каково строение и значение каждой из оболочек глаза?
- Как регулируются ширина зрачка, толщина хрусталика?
- Какая мышца находится в глазном яблоке?
- Как называются зрительные рецепторы и где они находятся?
- Из каких отделов состоит зрительный анализатор?
- Где находится зрительный перекрест и какова его роль?
- В какой доле головного мозга находится зрительная зона?
- Чем отличается восприятие изображения у близоруких и у дальнозорких людей?
- Какие химические реакции происходят на сетчатке глаза?
- Из каких частей состоит ухо?
- Как передается звуковой сигнал через среднее ухо?
- Какова роль евстахиевой трубы?
- Какой длины волоконца, воспринимающие низкие звуки?
- Как устроен и функционирует кортиев орган?
- Из каких отделов состоит слуховой анализатор?
- Что является органом обоняния и где находится обонятельная зона?
- Как функционирует орган вкуса и где находится вкусовая зона?
- Из чего складывается ощущение вкуса пищи?
- Где расположены рецепторы, воспринимающие внешние раздражения?
- Где находится кожно-чувствительная зона в коре больших полушарий?
- От чего зависит способность воспринимать боль, холод, давление, жар, невесомость?

Схема 63. Химизм зрения





* Ретиналь является альдегидом витамина А. Именно этим и определяется роль витамина А для нормальной работы зрения.

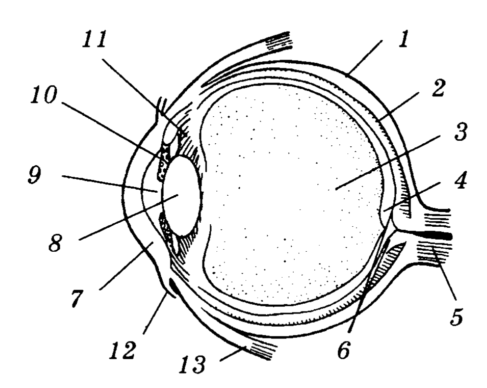


Рис. 139. Строение глаза

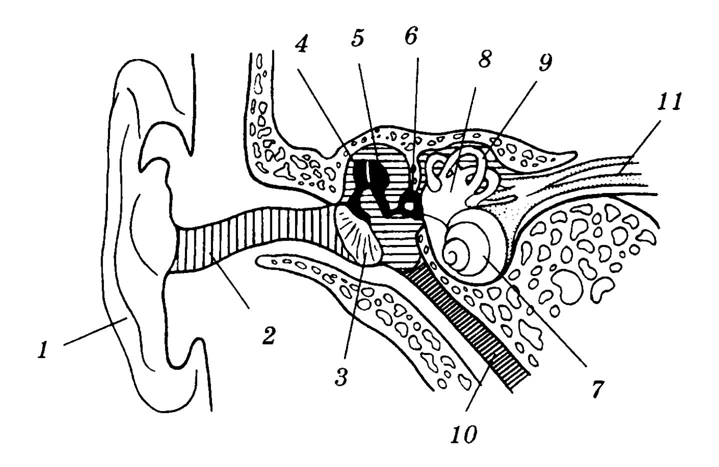


Рис. 140. Строение органа слуха и равновесия

Контрольная работа № 66

1. Чем покрыт глаз с передней стороны (белочная оболочка, сосудистая оболочка, радужная оболочка, роговица, сетчатка)?

2. Какая часть глазного яблока характеризуется следующими признаками: прозрачная, бесцветная, в состоянии коллоида (роговица, хрусталик, стекловидное тело, сетчатка)?

3. В какой оболочке глаза находятся рецепторы в виде палочек и колбочек (белочная, сосудистая, радужная, сетчатка)?

4. Где находится зрительная зона (теменная доля, височная доля, затылочная доля, лобная доля)?

5. Как соединены слуховые косточки (подвижно, неподвижно, полуподвижно)?

6. Чем заполнена полость внутреннего уха (воздух, жидкость, вакуум)?
7. Посредством чего передаются звуковые колебания от стремечка к волоконцам улитки (воздух, мембрана, жидкость, прямой контакт)?
8. Что находится во внутреннем ухе (ушные косточки, улитка, полукружные каналы, отолитовый аппарат)?
9. Какой отдел головного мозга координирует движения и ориентирует в пространстве (ствол мозга, мозжечок, большие полушария)?
10. Какие органы чувств защищают наш организм (органы зрения, слуха, осязания, обоняния, вкуса)?

Таблица 122. Орган зрения

Системы	Придатки и части глаза	Строение	Функции
Вспомогательные	Брови	Волосы, растущие от внутреннего к внешнему углу глаза	Отводят пот со лба
	Веки	Кожные мышечные складки с ресницами	Защищают глаз от световых лучей, пыли, пересыхания
	Слезный аппарат	Слезная железа и слезовыводящие пути	Слезы смачивают, очищают, дезинфицируют глаз
Оболочки глазного яблока	Белочная	Наружная плотная оболочка, состоящая из соединительной ткани	Защита глаза от механического и химического воздействия, вместилище всех частей глазного яблока
	Сосудистая	Срединная оболочка, пронизанная кровеносными сосудами	Питание глаза
	Сетчатка	Внутренняя оболочка глаза, состоящая из фоторецепторов — палочек и колбочек	Восприятие света, светорецепторы

Окончание табл. 122

Системы	**Придатки и части глаза**	**Строение**	**Функции**
Оптическая	Роговица	Прозрачная передняя часть белочной оболочки (плотная соединительная ткань)	Преломляет лучи света
	Водянистая влага	Прозрачная жидкость, находящаяся за роговицей	Пропускает лучи света
	Радужная оболочка (радужка)	Передняя часть сосудистой оболочки	Содержит пигмент, придающий цвет глазу, регулирует отверстие зрачка
	Зрачок	Отверстие в радужной оболочке, окруженное мышцами	Регулирует количество света, расширяясь и суживаясь
	Хрусталик	Двояковыпуклая эластичная прозрачная линза, окруженная ресничной мышцей	Преломляет и фокусирует лучи света, обладает аккомодацией
	Стекловидное тело	Прозрачное тело в состоянии коллоида	Заполняет глазное яблоко. Пропускает лучи света
Световоспринимающая (зрительный рецептор)	Фоторецепторы (нейроны)	В сетчатке в форме палочек и колбочек	Палочки воспринимают форму (зрение при слабом освещении), колбочки — цвет (цветовое зрение)
	Зрительный нерв	Нервные окончания начинаются от рецепторов сетчатки, соединяются в центростремительный нейрон, идущий в зрительную зону коры	Воспринимает возбуждение рецепторных клеток и передает в зрительную зону коры головного мозга, где происходит анализ возбуждения и формирование зрительных образов

Таблица 123. Строение органа слуха

Части уха	Строение	Функции
Наружное ухо	Ушная раковина, слуховой канал, барабанная перепонка — туго натянутая сухожильная перегородка	Защищает ухо, улавливает и проводит звуки. Колебания звуковых волн вызывают вибрацию барабанной перепонки, которая передается в среднее ухо
Среднее ухо	Полость заполнена воздухом. *Слуховые косточки*: молоточек, наковальня, стремечко. Евстахиева труба	Проводит звуковые колебания. Слуховые косточки (масса 0,05 г) последовательно и подвижно соединены. Молоточек примыкает к барабанной перепонке и воспринимает ее колебания, затем передает их на наковальню и стремечко, которое соединено с внутренним ухом через овальное окно, затянутое эластичной пленкой (соединительной тканью). Евстахиева труба соединяет полость среднего уха с носоглоткой, обеспечивает выравнивание давления
Внутреннее ухо	Полость заполнена жидкостью. *Орган слуха*: овальное окно, улитка, кортиев орган	Овальное окно посредством эластичной мембраны воспринимает колебания, идущие от стремечка, и передает их через жидкость полости внутреннего уха на волоконца улитки. Улитка имеет канал, закручивающийся на 2,75 оборота. Посередине канала улитки проходит перепончатая перегородка — основная мембрана, которая состоит из 24 тыс. волокон различной длины, натянутых как струны. Над ними нависает покровная мембрана, а на волокнах расположены цилиндрические клетки с волосками, которые образуют кортиев орган — слуховой рецептор. Он воспринимает возбуждение, когда колеблется определенное волокно, а его волосковые клетки касаются волосками покровной мембраны и передают возбуждение по слуховому нерву в слуховую зону коры больших полушарий, где формируются звуковые образы (слова, музыка)
	Орган равновесия: три полукружных канала и отолитовый аппарат	Органы равновесия воспринимают положение тела и контролируют его перемещение в пространстве. Передают возбуждения в продолговатый мозг, мозжечок, после чего возникают рефлекторные движения, приводящие тело в нормальное положение

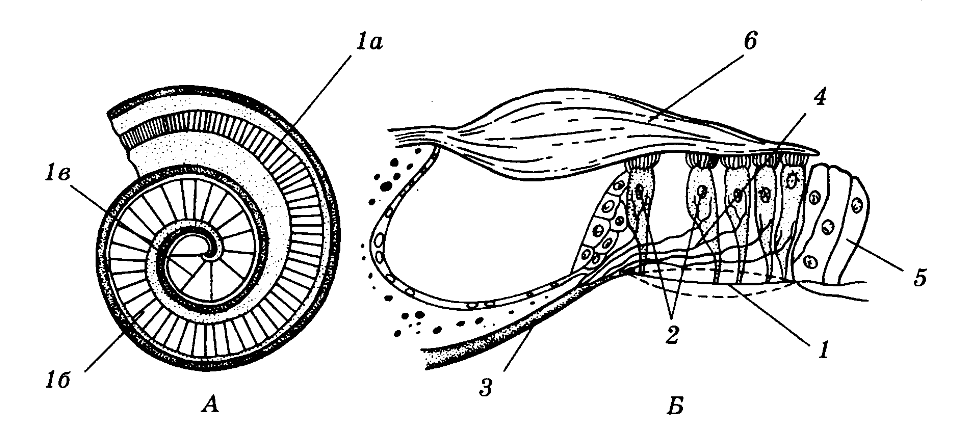


Рис. 141. Слуховая улитка:
А — слуховая улитка в разрезе, *Б* — кортиев орган; *1* — волоконца слуховой улитки, *1а* — короткие, *1б* — средние, *1в* — длинные, *2* — слуховые рецепторы — волосковые клетки, *3* — слуховой нерв, *4* — окончания слухового нерва, *5* — опорные клетки, *6* — покровная мембрана

ТЕМА. Высшая нервная деятельность

Безусловные и условные рефлексы. Образование и биологическое значение условных рефлексов. Торможение условных рефлексов. Роль И. М. Сеченова и И. П. Павлова в создании учения о высшей нервной деятельности; его сущность. Значение слова. Сознание и мышление человека как функции высших отделов головного мозга.

Гигиена физического и умственного труда. Режим труда и отдыха. Сон, его значение. Вредное влияние курения и употребления спиртных напитков на нервную систему.

Задание 60

- Повторить учебный материал.
- Проанализировать по учебнику схему образования и торможения условных рефлексов у собаки.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Проанализировать таблицы 124–126.
- Выполнить контрольную работу № 67.

Вопросы для самоконтроля

- Что такое рефлекс?
- У каких животных наблюдаются первые рефлекторные реакции?
- Можно ли назвать рефлекторными движения простейших, вызванные химическими, механическими, световыми воздействиями?
- Как усложнялись рефлексы в процессе эволюции?

- Как проходят рефлекторные дуги безусловных рефлексов и где находятся их центры?
- Какой рефлекс называют безусловным? Приведите примеры.
- Какой рефлекс называют условным и где лежат центры условных рефлексов?
- Является ли привычка условным рефлексом?
- Что такое торможение и где оно возникает?
- Когда происходит торможение безусловных рефлексов? Приведите примеры из наблюдений за собственным поведением.
- Какой вклад внесли выдающиеся русские ученые И. М. Сеченов и И. П. Павлов в создание науки о физиологии высшей нервной деятельности?
- На каких опытах И. П. Павлов доказал взаимосвязь условных и безусловных рефлексов, роль возбуждения и торможения в образовании условных рефлексов?
- Каково значение работ И. П. Павлова для изучения физиологии органов пищеварения, кровообращения?
- Что такое высшая нервная деятельность?
- Что такое, по И. П. Павлову, первая и вторая сигнальные системы?
- Какова связь между словом, сознанием и мышлением?
- Какие нормы труда и отдыха надо соблюдать для хорошей работы нервной системы?

Контрольная работа № 67

1. Какие рефлексы передаются по наследству (условные, безусловные, не передаются)?
2. Какие рефлексы связаны с первой сигнальной системой (условные, безусловные, не связаны вообще)?
3. Где лежат центры условных рефлексов (спинной мозг, ствол головного мозга, кора больших полушарий)?
4. Где лежат центры безусловных рефлексов (спинной мозг, ствол головного мозга, кора больших полушарий)?
5. На чем базируются условные рефлексы (инстинкт, навык, привычка)?
6. Каким рефлексам свойственно торможение (условным, безусловным, вообще не свойственно)?
7. Для каких рефлексов характерны постоянные связи в ЦНС (условные, безусловные, вообще связей нет)?
8. Что в опытах И. П. Павлова происходило со слюноотделением собаки под действием неожиданно раздавшегося звонка (возбуждение, внутреннее торможение, внешнее торможение, реакции не было)?
9. Какая из форм торможения передается по наследству (внешнее, внутреннее, вообще не передается)?

10. Почему обезьяны не могут мыслить абстрактно (не обучены, не владеют речью, не знают символов, не обладают логическим мышлением)?

Таблица 124. Особенности формирования условных и безусловных рефлексов

Безусловные рефлексы	Условные рефлексы
Врожденные	Приобретенные организмом в течение жизни
Видовые	Индивидуальные
Жизнь без них, как правило, невозможна	Способствуют выживанию
Осуществляются в ответ на безусловный раздражитель	Осуществляются в ответ на любое воспринимаемое организмом раздражение; формируются на базе безусловных рефлексов
Имеют готовые и постоянные рефлекторные дуги	Не имеют готовых и постоянных рефлекторных дуг; их дуги временны и формируются при определенных условиях
Относительно постоянные, мало изменяющиеся в течение жизни	Непостоянные, могут выработаться и исчезнуть
Не поддаются торможению	Возможно как внешнее, так и внутреннее торможение
Независимы от внешней среды	Изменяются под влиянием внешней среды — адаптируются
Осуществляются на уровне спинного мозга, ствола мозга и подкорковых ядер (т. е. рефлекторные дуги проходят через эти отделы ЦНС) (см. табл. 125)	Осуществляются за счет деятельности коры головного мозга (т. е. рефлекторные дуги проходят через кору больших полушарий) (см. табл. 125)
Являются основой инстинктивного поведения	Являются основой формирования навыков
Примеры: дыхательный, сосательный, глотательный, слюноотделительный, болевой и др.	Примеры: слюноотделение у собаки в ответ на условный раздражитель (свет) в опытах И. П. Павлова; дрессировка животных, индивидуальные привычки каждого человека, благотворное влияние соблюдения режима дня на самочувствие человека и др.

Таблица 125. Состав рефлекторных дуг безусловного и условного рефлексов

Безусловный рефлекс	Условный рефлекс
1. Рецептор, воспринимающий раздражение	1. Рецептор, реагирующий на условный раздражитель
2. Чувствительный нерв	2. Чувствительный нерв
	3. Восходящий путь
	4. Участок коры, воспринимающий условный раздражитель
	5. Участок коры, связанный с центром безусловного рефлекса
3. Центр безусловного рефлекса	6. Центр безусловного рефлекса
4. Двигательный нерв	7. Двигательный нерв
5. Исполнительный орган	8. Исполнительный орган

Таблица 126. Высшая нервная деятельность обезьяны и человека

Обезьяна. Рассудочная деятельность	Человек. Мышление и речь — образное мышление
Способна улавливать закономерности, связывающие явления и предметы	Способен к обучению и выработке трудовых навыков через речь, через объяснение до того момента, пока не появится уверенность, правильность выполнения работы — условный рефлекс
Способна использовать знание этих закономерностей	Устная и письменная речь помогает знакомиться с опытом других людей
Способна экстраполировать в новых условиях	Накопление, хранение и воспроизведение полученной информации
Способна приспосабливаться к быстро меняющимся условиям	Вторая сигнальная система, понимание речи и владение ею, знание символов помогает приспособиться к новым условиям
Способна предвидеть изменение условий и учитывать это в своем поведении	Мышление словами, логическое мышление, абстрактное (образное) мышление способствует предвидению и прогнозированию изменения условий

Окончание табл. 126

Обезьяна. Рассудочная деятельность	Человек. Мышление и речь — образное мышление
Эмоции положительные и отрицательные — удовольствие, неудовольствие, радость, страх, ярость, подчинение и др.	Помимо положительных и отрицательных эмоций имеются высшие эмоции — интеллектуальные, нравственные, социальные, эстетические. Удовлетворение этих эмоций дает стойкое состояние хорошего настроения, неудовлетворение порождает отрицательное настроение, а в стойкой форме — эмоциональный стресс
Регуляция поведения строится в основном на основе торможения в ЦНС	Высшая нервная деятельность строится на основе возбуждения, а уже наряду с ним и торможения

ТЕМА. Развитие человеческого организма

Воспроизведение организмов. Половые железы и половые клетки. Оплодотворение. Развитие зародыша человека. Особенности развития детского и юношеского организмов.

Задание 61

- Повторить учебный материал.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Изучить рисунки 142, 143.
- Выполнить контрольную работу № 68.
- Проанализировать таблицы 127, 128
- Повторить основные термины и понятия.

Вопросы для самоконтроля

- Чем отличается воспроизведение организмов от размножения?
- В каких железах происходит сперматогенез?
- Что общего между сперматогенезом и овогенезом и чем они отличаются друг от друга?
- Какой набор хромосом у гамет человека?
- Где образуется зигота?
- Как называются первые стадии развития зародыша, в чем их особенности?
- Где формируется зародыш и как обеспечивается его питание на ранних этапах развития?
- В чем проявляется действие закона зародышевого сходства на ранних этапах эмбрионального развития человека?

- Какие системы органов формируются из эктодермы, мезодермы, энтодермы?
- Из чего образуются зародышевые оболочки, как они называются и каковы их функции?
- В какой среде развивается зародыш?
- Какова роль плаценты и пупочного канатика и из чего они образуются?
- Что считается критерием в понятиях «плод» и «ребенок»?
- Почему крупные кости черепа и таза у новорожденных несросшиеся?
- Под влиянием каких факторов происходит переход новорожденного на самостоятельное дыхание?
- Чем характеризуется строение и формирование ребенка в разные возрастные периоды?
- Какие важные изменения в организме и психике происходят у школьников детского, подросткового и юношеского возраста?
- Какую роль играют трудовое воспитание, физическое развитие, духовный рост в формировании молодого человека?

Контрольная работа № 68

1. Какой из способов размножения появился у живых организмов позже всех (вегетативный, половой, бесполый)?
2. Какие гаметы вырабатывают семенники (сперматозоиды, яйцеклетки)?
3. В какой зоне при гаметогенезе происходит мейоз (размножения, роста, созревания)?
4. Какой набор хромосом у сперматозоидов (n, 2n), у яйцеклеток (n, 2n)?
5. Сколько хроматид содержат хромосомы гамет (1, 2)?
6. Каково число хромосом у гамет человека (46, 48, 23)?
7. Как называются хромосомы зиготы (аналогичные, гомологичные)?
8. Какую роль играет плацента (газообмен, питание зародыша, выделительный орган, связь с материнским организмом)?
9. Почему кровеносный сосуд, доставляющий кровь от плаценты через пуповину внутрь плода, называют пупочной веной (несет венозную кровь, впадает в правое предсердие), какую кровь он приносит (венозную, артериальную)?
10. Какие безусловные (врожденные) рефлексы проявляются у новорожденного ребенка первыми (хватательный, дыхательный, сосательный)?
11. В каком возрасте зарастают роднички черепа (1 год, 2 года, 3 года); срастаются кости таза (1 год, 3 года, 10 лет)?

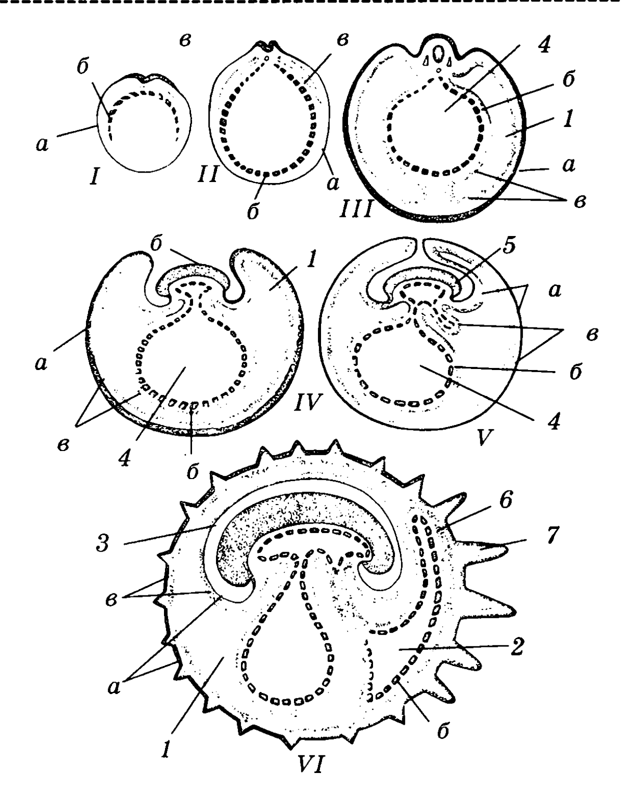


Рис. 142. Развитие внезародышевых оболочек, зародыша и плаценты у млекопитающих:

I—VI — последовательные стадии развития; *1* — внезародышевая вторичная полость, *2* — аллантоис, *3* — амнион, *4* — желточный пузырь (мешок), *5* — зародыш, *6* — сероза (хорион), *7* — ворсинки плаценты, *а* — эктодерма, *б* — энтодерма, *в* — мезодерма

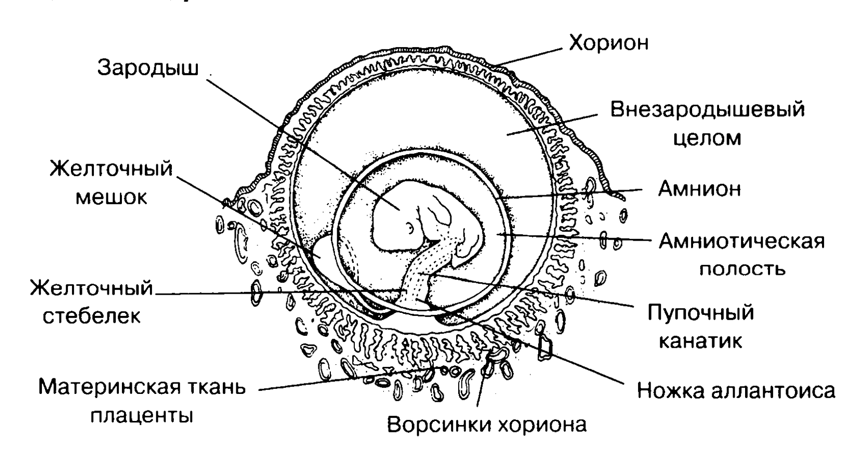


Рис. 143. Схема зародыша примата, развивающегося внутри окружающих его оболочек

Таблица 127. Основные морфогенетические процессы развития человека (Н. Н. Приходченко, Т. П. Шкурат, 1997)

<table>
<tr><th colspan="2">Морфогенетический процесс</th><th>Дни после оплодотворения</th></tr>
<tr><td colspan="2">Дробление</td><td>0–8</td></tr>
<tr><td colspan="2">Имплантация</td><td>6–7</td></tr>
<tr><td colspan="2">Появление нервной пластинки</td><td>18–20</td></tr>
<tr><td colspan="2">Первая жаберная дуга</td><td>20</td></tr>
<tr><td colspan="2">Первое биение сердца</td><td>22</td></tr>
<tr><td colspan="2">Начало развития нервной, пищеварительной систем и кровеносных сосудов</td><td>24</td></tr>
<tr><td colspan="2">Появление щитовидной железы</td><td>27</td></tr>
<tr><td>Появление зачатка легкого</td><td rowspan="2">Зародыш чувствителен к медикаментам, к вирусу краснухи</td><td>28</td></tr>
<tr><td>Появление пальцевых лучей верхних конечностей</td><td>35</td></tr>
<tr><td colspan="2">Дифференцировка семенников у зародыша мужского пола</td><td>43</td></tr>
<tr><td colspan="2">Разделение пальцев</td><td>43</td></tr>
<tr><td colspan="2">Образование перегородок в сердце</td><td>46–47</td></tr>
<tr><td colspan="2">Полное закрытие нёба</td><td>56–58</td></tr>
<tr><td colspan="2">1-е мейотическое деление ооцитов 1-го порядка у зародыша женского пола</td><td>75</td></tr>
<tr><td colspan="2">Сформированы все основные системы органов (но размеры их очень малы)</td><td>90</td></tr>
<tr><td colspan="2">Роды</td><td>270</td></tr>
</table>

Таблица 128. Развитие человеческого организма

Периоды развития		Особенности строения	Физиологические особенности
Зародышевый	Зигота	Оплодотворенная яйцеклетка. Несет диплоидный набор хромосом: один набор — от яйцеклетки, другой — от сперматозоида. Каждая пара хромосом гомологична	Оплодотворение происходит в яйцеводе, куда проникает сперматозоид в результате полового акта. Яйцевод соединяет яичник (женскую половую железу) с маткой, где происходит дальнейшее развитие зародыша
	Бластула	Первая стадия развития зародыша. Представляет собой однослойный многоклеточный пузырек	Образуется в яйцеводе в результате дробления (миотическое деление без последующего роста клеток) зиготы
	Гаструла	Вторая стадия развития зародыша, имеющая два зародышевых листка: эктодерму и энтодерму; затем появляется мезодерма. Из этих трех листков формируются все системы органов	Бластула перемещается в матку и внедряется в ее стенку, после чего из нее образуется гаструла. На стороне гаструлы, где она контактирует со стенкой матки, формируются зародышевые оболочки (плацента, пузырь), на противоположной стороне — зародыш
	Плод	Проходит все стадии зародышевого развития, сходные со стадиями развития позвоночных; пузырь заполняется водянистой жидкостью, плацента своими ворсинками внедряется в стенки матки; плаценту с организмом плода	Черты зародышевого развития (жаберные щели, хвост) свидетельствуют об общем происхождении всех хордовых и подтверждают положение биогенетического закона. К 9 месяцам плод полностью приобретает все черты человеческого организма. Разви-

		соединяет пупочный канатик. У плода один круг кровообращения	ваясь в водной среде, он защищен от ударов, свободно движется. Через плаценту по пупочной вене он получает кислород и питательные вещества, по пупочной артерии венозная кровь возвращается в организм матери
Послеродовой	Новорожденный	Новорожденный имеет непропорциональное строение тела — очень крупную голову и короткие ноги и руки. Кости черепа несросшиеся, между ними имеются кожные пленки — роднички; тазовые кости несросшиеся, позвоночник без изгибов	Несросшиеся кости заходят друг за друга, уменьшают объем головы и тела, что помогает рождению ребенка. При перевязке пупочного канатика создается избыток CO_2 в крови, что гуморально воздействует на дыхательный центр продолговатого мозга и в результате происходит первое рефлекторное движение — крик и вдох. Затем появляется следующий врожденный рефлекс — сосательный
	Грудной (до 12 мес.)	Ребенок овладевает движениями — поднимает голову, ложится на живот, встает — это способствует образованию изгибов позвоночника: шейного, грудного, поясничного. Появляются молочные зубы	У ребенка формируются мышцы, движения, становятся разнообразными, укрепляется скелет, появляется потребность ходить. В первый период — питание грудным молоком, содержащим все необходимые питательные вещества, затем докармливание пищей, содержащей витамины. Развивается высшая нервная деятельность — произносятся первые слова
Ясельный (1–3 года)		У ребенка изменяются пропорции тела: голова становится относительно меньше, удлиняются конечности. Мозг развивается: более выражены борозды и извилины	Самостоятельный организм, переходит на питание обычной пищей. Роднички в черепе зарастают. Выраженные эмоции, членораздельная речь. Требуется постоянный медицинский надзор и уход за неокрепшим организмом

Окончание табл. 128

Периоды развития	Особенности строения	Физиологические особенности
Дошкольный (3–7 лет)	Молочные зубы сменяются на постоянные. Ярко выявляются различия клеток коры головного мозга	Согласованные движения. Речь, связанная с мышлением. Формируются условно-рефлекторные центры речи и письма
Школьный (7–17 лет)	Усиленное развитие костно-мышечной системы, усиленный рост организма, который заканчивается к 20–25-летнему возрасту. После 10 лет срастаются кости таза. В соответствии с особенностями строения организма различают детский, подростковый и юношеский периоды развития	В возрасте 13–15 лет начинается перестройка организма в связи с половым созреванием, изменяются деятельность и строение коры больших полушарий, функции желез внутренней секреции. Это вызывает психологические (преобладание возбуждения над торможением), физиологические (менструальный цикл) и физические изменения в организме. Проявляются вторичные половые признаки: у девочек изменяется форма тела, тембр голоса; у мальчиков — пропорции тела, усиливается физическое развитие, ломается голос, появляются волосы на лице. Однако полное формирование заканчивается к 20–25-летнему возрасту

Словарь основных терминов и понятий

Животные. Человек

Авитаминоз (лат. «а» — частица отрицания, «вита» — жизнь) — недостаток в организме жизненно необходимых веществ — витаминов. Приводит к заболеваниям. Так, недостаток витамина А вызывает куриную слепоту, нарушение роста костей, волос, эмали зубов; витаминов группы В — малокровие, полиневрит (бери-бери), нарушение обмена веществ; С — цингу, D — рахит, Е — бесплодие, К — несвертываемость крови и т. д. Витамины, растворимые в воде: С, B_1, B_2, B_6, B_{12}, РР; растворимые в жирах: A, D, Е, К. Витамины не являются источником энергии или материала для биосинтеза, но они участвуют во всех происходящих в организме биохимических и физиологических процессах. Главный источник витаминов — растения, которые, кроме того, содержат и провитамины (каротиноиды), в животном организме превращающиеся в витамины; небольшое количество витаминов В, К, D синтезируется кишечными бактериями. Открыты витамины русским врачом Н. И. Луниным в 1880 г., термин предложен в 1912 г. польским ученым К. Функом.

Автоматия сердца (греч. «автоматос» — самодвижущийся) — свойство сердечной мышцы ритмически расслабляться и сокращаться независимо от сознания и внешних раздражителей. Работа сердца осуществляется под контролем сердечно-сосудистого центра, находящегося в продолговатом мозге. От этого центра через вегетативную нервную систему передается возбуждение к специальным клеткам сердечной мышцы, расположенным в правом предсердии (синусный узел). Проводящая система сердца состоит из синусного узла, расположенного у впадения верхней полой вены, в котором самопроизвольно возникают ритмические сокращения клеток. Эти клетки имеют свойства как мышечной, так и нервной ткани — они возбуждаются, сокращаются и проводят импульс в предсердия. На границе предсердий этот импульс принимают клетки предсердно-желудочкового узла, которые обладают свойствами синусного узла. От этого узла отходит пучок Гиса, состоящий из нервных волокон. В перегородке между желудочками он делится на две ветви — ножки пучка Гиса, которые, в свою очередь, в стенках желудочков ветвятся на волокна Пуркинье. Скорость проведения импульса по проводящей системе в 10 раз превышает скорость проведения по мышечной

системе (5 м/с и 0,5 м/с соответственно). Все части желудочков сокращаются одновременно, что позволяет избежать повреждение мышечной ткани при несогласованном сокращении и расслаблении. Синусный узел задает ритм — он водитель ритма, а темп (частота ритма) зависит от симпатической и парасимпатической нервных систем, волокна которых подходят соответственно от грудного отдела спинного мозга и сердечного центра продолговатого мозга (блуждающий нерв). Эти же центры получают информацию от чувствительных нервов в стенке аорты и сонных артерий, а также полых вен, которые непосредственно реагируют на увеличение физической нагрузки, повышение температуры тела, уровень CO_2 в крови, гормон адреналин.

Аккомодация глаза (от лат. «аккомодацио» — приспособление) — способность глаза видеть предметы, находящиеся на разном удалении, что возможно благодаря работе мышц, соединенных с хрусталиком. Работая рефлекторно, они изменяют толщину и форму хрусталика.

Алкоголизм (от араб. «алкоголь» — спирт, винный спирт) — злоупотребление алкоголем (спиртными напитками) — болезненное состояние, наступающее в результате частого неумеренного употребления спиртных напитков. Особенно опасен в детском и юношеском возрасте, так как быстро переходит в хроническую форму.

Аллергия (от греч. «аллос» — другой, «эргон» — действие) — заболевание, вызванное воздействием на организм другого организма или продуктов его жизнедеятельности (сенная лихорадка при цветении трав, крапивница, бронхиальная астма, лекарственная аллергия и т. д.).

Амниоты — высшие позвоночные животные, для которых характерно образование зародышевых оболочек вокруг зародыша, в числе которых есть амнион. К ним относятся пресмыкающиеся, птицы и млекопитающие. Низшие хордовые, не имеющие амниона, называются анамнии. К ним относятся круглоротые, рыбы, земноводные. Их зародыши развиваются в яйце (икре), которое откладывается на суше или в воде или сохраняется в организме матери.

Анализаторы — системы, состоящие из рецептора, проводящего пути (нерва) и центра в коре больших полушарий головного мозга, анализирующего раздражение. Термин введен в 1909 г. И. П. Павловым. Имеются зрительный, слуховой, вкусовой, обонятель-

ный и осязательный анализаторы. В настоящее время их называют сенсорными системами.

Анемия (греч. «а» — частица отрицания, «гема» — кровь) — малокровие. Болезнь, возникающая из-за сокращения числа эритроцитов в крови, уменьшения содержания в них гемоглобина и потери общего количества крови.

Аорта — главная артерия большого круга кровообращения, она начинается из левого желудочка сердца и направляется вправо у птиц и влево у млекопитающих. Ее диаметр у человека 2,5 см, толщина стенок 3 мм. Аорта разветвляется на артерии. Кругооборот крови — 20–25 с.

Артерии (греч. «артериа» — кровеносный сосуд) — кровеносные сосуды большого и малого кругов кровообращения, по которым течет кровь от сердца. Они имеют толстые стенки, состоящие из трех слоев: наружного (плотная соединительная ткань), среднего (гладкие мышцы), внутреннего (соединительная ткань и эпителий). Благодаря такому сочетанию тканей артерии очень прочны и эластичны, способны сокращаться. Ток крови по артериям осуществляется за счет сокращения сердечной мышцы. Артерии ветвятся на артериолы, затем на капилляры, которые собираются в венулы. По артериям большого круга кровообращения идет артериальная кровь, богатая кислородом. По артериям малого круга — венозная кровь, насыщенная углекислым газом. Наиболее крупные артерии: аорта, сонная, легочная, коронарные. Скорость движения крови по артериям уменьшается по мере их разветвления — от 0,5 м/с до 0,5 мм/с.

Астигматизм глаза (греч. «а» — частица отрицания, «стигма» — точка) — недостаток светопреломления, связанный с нарушением сферической кривизны роговицы или хрусталика глаза. Приводит к тому, что на сетчатке получается нечеткое изображение, так как лучи света не собираются в одной точке (фокусе).

Беспозвоночные животные — наиболее древние животные, не имеющие внутреннего скелета. Они появились в протерозое. К ним относятся типы простейших, кишечнополостных, плоских, круглых и кольчатых червей, моллюсков, членистоногих (см. рис. 66).

Близорукость (греч. «миопия» — щурящий глаз) — избыток светопреломляющей способности хрусталика, который приводит к расположению фокуса перед сетчаткой, а не на ней. Коррегируется двояковогнутой линзой.

Бронхи — часть дыхательных путей, представленная парными трубочками (левый и правый бронх), образованными при разветвлении трахеи. Они укреплены хрящевыми полукольцами. В легких бронхи ветвятся на бронхи меньшего диаметра, а затем на бронхиолы, заканчивающиеся альвеолами (легочными пузырьками), в которых осуществляется газообмен.

Вегетативная (автономная) нервная система — часть периферической нервной системы, иннервирующая гладкую мускулатуру внутренних органов, кровеносных сосудов и сердечную мышцу. Скорость проведения импульсов по ее нервам в 30–100 раз медленнее, чем в соматической нервной системе. Она подразделяется на симпатическую (СНС) и парасимпатическую (ПНС). Волокна СНС отходят по обе стороны спинного мозга в грудном и поясничном отделах. Их нервные узлы (ганглии) лежат вдоль спинного мозга, поэтому длинное и довольно широко разветвленное послеузловое волокно входит в состав смешанных нервов, образующих сплетения — солнечное, легочное, сердечное. СНС стимулирует работу сердца, потовых желез, обмен веществ; тормозит деятельность пищеварительного тракта, сужает сосуды, расслабляет стенки мочевого пузыря и др. ПНС характеризуется противоположным строением и функциями. Ее волокна отходят от ствола головного мозга и крестцового отдела спинного мозга. Нервные узлы (ганглии) лежат около иннервируемого органа или в его стенках, поэтому действие ПНС четко направлено. Самый крупный нерв ПНС — блуждающий, узлы которого лежат в сердце, сосудах, желудке. В целом вегетативная нервная система оказывает на организм тройное действие: пусковое (запуск конкретного отдела), направляющее (интенсивность работы органа, обладающего автоматизмом, — сердце, кишечник), приспособительное (целостная деятельность организма и постоянство внутренней среды). Работает под контролем гипоталамуса и коры больших полушарий головного мозга, независимо от сознания.

Вены — кровеносные сосуды, по которым кровь движется к сердцу. Они имеют такие же, как у артерий, но более тонкие стенки, не способные сокращаться. Внутри находятся кармановидные полулунные клапаны, препятствующие обратному току крови. Движение крови осуществляется за счет сжимающих воздействий скелетных мышц туловища и конечностей, а также дыхательных движений. По венам большого круга кровообращения идет венозная кровь, по венам малого круга — артериальная.

Наиболее крупные вены: легочные, яремные, верхняя и нижняя полые, печеночная, воротная вена печени, почечные вены. Скорость движения крови по венам — 0,2 м/с.

Витамины (лат. «вита» — жизнь) — вещества, жизненно необходимые для всех организмов животных, человека и растений. Их огромная биологическая роль определяется тем, что они являются коферментами, т. е. веществами, входящими в состав ферментов. Поэтому витамины играют большую роль в обмене веществ и других процессах жизнедеятельности организма. Витамины названы буквами латинского алфавита (A, B, C, D, E, K, PP,U). Всего известно около 30 витаминов, из них 20 поступает с пищей, а остальные частично вырабатываются самим организмом (витамины D, K, витамины группы B). Недостаток витаминов вызывает болезнь авитаминоз.

Возбуждение — реакция на раздражение, выработанная в процессе эволюции. Отправным моментом этой реакции является возникновение местного возбуждения, которое свойственно специализированным клеточным мембранам, рецепторам, нервным постсинаптическим волокнам. Оно возникает сразу после раздражения и возрастает по мере увеличения силы действия раздражителя. Физической основой местного возбуждения является деполяризация клеточной мембраны. Деполяризация является следствием изменения избирательной проницаемости мембраны, связанной с работой ионных насосов (в основном калий-натриевого). Местное возбуждение не имеет порога, меняется по амплитуде и длительности в зависимости от силы раздражителя, длительности и различных особенностей его воздействия. При достижении местным возбуждением некоторой пороговой величины (порога раздражения) возникает потенциал действия (ПД) — распространяющееся возбуждение. В отличие от местного возбуждения ПД имеет постоянную амплитуду, на которую не влияют увеличение силы или частоты воздействия раздражителя. Он подчиняется закону «все или ничего». ПД распространяется по аксону без изменения амплитуды. Таким образом, при воздействии раздражителя на чувствительное нервное окончание происходят следующие преобразования. Сначала происходит преобразование действия раздражителя в деполяризационный потенциал (местное возбуждение), а затем в потенциал действия, который уже распространяется далее в виде нервного импульса — волны деполяризации, пробегающей по мембране клетки. Благодаря серии таких нервных импульсов по нервной

системе передается информация. Во время прохождения нервного импульса (волны деполяризации) клетка не реагирует на другие раздражители (рефрактерная фаза). В нервных окончаниях распространяющийся ПД (нервный импульс) вызывает секрецию медиаторов, оказывающих возбуждающее или тормозящее воздействие на иннервируемые ткани, а в мышечных клетках — активирует сократительный аппарат миофибрилл. Процессом, противоположным возбуждению, является торможение.

Выделительная система — совокупность органов, которые осуществляют выведение из организма конечных продуктов жизнедеятельности (экскреты). У беспозвоночных животных выделительная система сформировалась не сразу и выделение происходит по-разному: всей поверхностью тела, через выделительные трубочки (плоские черви), у кольчатых червей и у ланцетника в каждом членике находятся парные трубочки с воронками — метанефридии, у паукообразных и насекомых — мальпигиевы сосуды, у ракообразных — зеленые железы, моллюски и позвоночные животные имеют почки. У рыб и земноводных почки туловищные, у всех других животных — тазовые. В почках фильтруется кровь и образуется моча, которая выводится через мочеточники, мочевой пузырь и мочеиспускательный канал. Почки рыб выводят аммиак, соли, воду; почки наземных позвоночных — мочевину, мочевую кислоту, соли, воду.

Газообмен — обмен газами между организмом и окружающей средой (у водных организмов — водной, у наземных — воздушной). Осуществляется в процессе дыхания — кожного, жаберного, легочного, клеточного. Из окружающей среды поглощается кислород и выделяется углекислый газ, в тканях (митохондрии клеток) кислород играет большую роль при синтезе АТФ, а углекислый газ является конечным продуктом диссимиляции. Процесс газообмена осуществляется по законам диффузии газов. Концентрация кислорода в поступающем в альвеолы воздухе выше (его парциальное давление составляет 100 мм рт. ст., а в капиллярах только 40 мм рт. ст.), происходит диффузия кислорода из альвеол. Углекислый газ поступает в альвеолы из венозной крови.

Гельминтология (от греч. «гельминтос» — червь, глист) — раздел паразитологии, изучающий заболевания человека, животных и растений, вызванные паразитическими червями.

Гематология (от греч. «гема» — кровь) — наука, изучающая строение и функции кровеносной системы и ее болезни.

Гемоглобин (греч. «гема» — кровь) — пигмент крови красного цвета, являющийся переносчиком кислорода. Молекула гемоглобина представляет собой белок четвертичной структуры, состоящей из 557 аминокислот. Молекула гемоглобина состоит из четырех гемов, в каждом из которых содержится кольцо с атомом двухвалентного железа Fe^{2+} в центре, свободная валентность которого способна присоединять газы — кислород или углекислый газ, благодаря чему этот белок называют дыхательным пигментом. На 100 мл крови приходится 15–16 г гемоглобина. Каждый эритроцит содержит около 265 млн молекул гемоглобина. Гемоглобин характерен для крови всех хордовых животных — находится в эритроцитах, у дождевого червя он растворен в плазме крови. У моллюсков (спруты), членистоногих (скорпионы, пауки, крабы, омары) дыхательным пигментом является гемоцианин сине-зеленого цвета (содержит атомы меди).

Гемофилия (греч. «гема» — кровь, «филео» — люблю) — несвертываемость крови, которая выражается в длительных неостанавливающихся кровотечениях. Наследственное заболевание, которое передается по материнской линии, а наблюдается у лиц мужского пола, поскольку определяется рецессивным геном, расположенным в Х-хромосоме.

Гермафродиты — организмы, в одной особи которых одновременно имеются мужская и женская половые системы. Встречается у кишечнополостных, плоских и кольчатых червей, некоторых моллюсков и рыб. У млекопитающих животных и человека гермафродитизм является результатом мутаций (аномальный, или патологический, гермафродитизм). Название произошло от имен греческих богов Гермеса и Афродиты, сын которых — Гермафродит — был обоеполым.

Гипертония (от греч. «гипер» — сверх, «тонос» — напряжение) — заболевание, вызванное повышением артериального кровяного давления.

Гипотония (от греч. «гипо» — ниже, «тонос» — напряжение) — заболевание, вызванное понижением артериального кровяного давления.

Гипофиз (греч. «гипофизис» — отросток) — нижний мозговой придаток, расположенный выше моста головного мозга. Является железой внутренней секреции. Гипофиз характерен для всех

позвоночных животных. Он состоит из трех долей — передней, промежуточной и задней, различающихся по строению и функциям. Гипофиз выделяет нейрогормоны, поступающие в кровь, которые регулируют рост организма, его развитие и деятельность других желез внутренней секреции — половых, щитовидной, надпочечников. Гипофиз совместно с гипоталамусом (отделом промежуточного мозга) образует нейроэндокринный комплекс, регулирующий деятельность вегетативной нервной системы и функцию размножения.

Глаз (лат. «окулюс» — глаз) — орган зрения, состоящий из оптической и световоспринимающей систем. Оптическую систему составляют роговица, зрачок, хрусталик, стекловидное тело; сетчатка — воспринимающий аппарат глаза — состоит из рецепторов в виде палочек (воспринимающих свет посредством зрительного пурпура — пигмента родопсина) и колбочек (воспринимающих цвет посредством пигмента йодопсина); зрительный нерв передает раздражение от рецепторов в зрительную зону коры головного мозга, где оно анализируется и преобразуется в зрительный образ. Для насекомых и ракообразных характерны сложные глаза, состоящие из тысяч зрительных единиц.

Головной мозг — передний отдел центральной нервной системы (ЦНС), состоящий из пяти частей: переднего, промежуточного, среднего, заднего (мост и мозжечок) и продолговатого мозга. У позвоночных животных он покрыт тремя оболочками (твердой, паутинной и сосудистой или мягкой) и защищен черепной коробкой. У млекопитающих особенно развит передний мозг, преобразовавшийся в большие полушария, покрытые корой, площадь которой увеличивается за счет появления извилин и борозд. В коре осуществляется высшая нервная деятельность, формируются центры условных рефлексов и находятся зоны: слуховая, зрительная, двигательно-чувствительная, обоняния, вкуса. Средний, задний и продолговатый мозг формируют ствол мозга, иногда сюда относят и промежуточный мозг. Полости мозга — четыре желудочка — заполнены мозговой жидкостью и связаны со спинномозговым каналом в единое целое.

Голосовой аппарат — орган речи (второй сигнальной системы) у человека и средство передачи звуковых сигналов у животных. Он расположен в гортани и состоит из двух голосовых связок, прикрепленных одним концом к щитовидному, другим — к черпаловидным хрящам, между которыми находится голосовая щель. Голос возникает при выдохе, когда голосовая щель суже-

на и связки колеблются. У птиц голосовой аппарат находится в нижней части трахеи и представлен двумя мембранами, колебания которых издают звуки.

Гормоны (греч. «гормон» — возбуждающий, движущий) — физиологически активные вещества различной химической природы (белки — инсулин, аминокислоты — тироксин, адреналин, стероиды — гонадотропные гормоны, гидрокортизон), которые вырабатываются в железах внутренней секреции (эндокринных) и поступают в кровь. Они участвуют в гуморальной регуляции процессов жизнедеятельности организма и секретируются в тесном взаимодействии с нервной системой. Связующим звеном между нервной и эндокринной системами является гипоталамус (отдел промежуточного мозга, регулирующий деятельность вегетативной нервной системы), нейрогормоны которого переносятся в гипофиз. Гормоны гипофиза регулируют деятельность всех желез внутренней секреции, кроме вилочковой, паращитовидной и поджелудочной, а те, в свою очередь, регулируют рост, развитие, размножение, обмен веществ. Повышение (гиперфункция) или понижение (гипофункция) производства гормонов в организме приводит к заболеванию.

Грудная клетка — часть скелета, образованная грудными позвонками с суставами для ребер, ребрами, реберными хрящами и грудиной. Служит для механической защиты сердца, легких, пищевода и для дыхательных движений. Характерна для млекопитающих, птиц и пресмыкающихся. Число ребер, образующих грудную клетку, различное: у пресмыкающихся их много, у голубя — 5, у человека — 12 пар.

Группы крови — иммунногенетические особенности крови теплокровных животных и человека, которые характерны для особей одного вида. Для человека характерны четыре группы крови, которые различаются по наличию в эритроцитах крови агглютиногенов А и В (антигенов) и агглютининов а и b (антител) в плазме крови. Антигены и антитела совместно в крови не встречаются; если же это происходит, то наблюдается склеивание эритроцитов (агглютинация). Поэтому для переливания крови необходимо знать ее состав и возможность сочетания крови донора и реципиента. При переливании несовместимой группы крови склеиваются эритроциты донора. Кровь I группы (ab) не содержит антигенов А и В, а в ее плазме присутствуют антитела a и b. Кровь II группы (Ab) содержит антиген А и антитело b. Кровь III группы (aB) — антитело a и антиген B. Кровь

IV группы (AB) содержит антигены A и B, антитела в плазме отсутствуют. При взаимодействии A + a, B + b происходит агглютинация эритроцитов, следовательно, кровь такого состава несовместима. Идеально совместима кровь одной группы. Кроме того, кровь I группы универсальна — она совместима со всеми другими группами. Кровь IV группы в качестве донорской для других групп не применяется, в то время как сама она совместима с кровью всех групп. Следовательно, люди с I группой крови — универсальные доноры, а с IV группой — универсальные реципиенты. Для животных также характерно различие групп крови, однако никакая из них несовместима с кровью человека.

Гуморальная регуляция (лат. «гумор» — жидкость) — регуляция деятельности организма, которая осуществляется физиологически активными веществами (гормонами) и химическими веществами (CO_2, сахарами, солями), находящимися в крови.

Дальнозоркость (гиперметропия) — недостаток светопреломляющей способности хрусталика, что приводит к расположению фокуса позади сетчатки, а не на ней. Коррегируется двояковыпуклой линзой.

Дальтонизм — один из видов расстройства цветового зрения, заключающийся в неспособности различать зеленый и красный цвета; описан английским физиком Дальтоном. Наследственное заболевание, определяется рецессивным геном, расположенным в X-хромосоме, передается по материнской линии сыновьям.

Дезинсекция (от франц. «дез» — против и лат. «инсектум» — насекомое) — уничтожение вредных насекомых (мух, комаров, вшей, клопов, блох, паразитирующих жуков) и клещей с помощью химических средств и специального оборудования. В настоящее время все большее значение придается биологическим средствам борьбы с использованием птиц, рыб, насекомых-хищников и др.

Дезинфекция (от франц. «дез» — против и лат. «инфектио» — заражение) — обеззараживание или уничтожение болезнетворных микроорганизмов или передатчиков инфекции с помощью специальных средств и методов.

Дезодорация (от франц. «дез» — против и лат. «одорацио» — запах) — устранение дурных запахов, образующихся в результате гниения органических веществ. Применяют профилактические меры — уборку отбросов, обработку помещений хлорной известью.

Диафрагма — мышечная перегородка, разделяющая полость тела на грудной и брюшной отделы. Сквозь нее проходят пищевод и кровеносные сосуды. Она участвует в дыхательных движениях. Характерна только для класса млекопитающих.

Дизентерия (от греч. «дис» — расстройство, «энтерон» — кишка) — острое инфекционное заболевание кишечника, вызванное дизентерийной палочкой или дизентерийной амебой.

Диспансеризация (от франц. «диспансер» — избавлять, освобождать) — метод медицинского обслуживания, способствующий профилактике (предупреждению) заболеваний и своевременному их лечению. Все дети дошкольного и школьного возраста, работающие подростки, рабочие многих предприятий, беременные женщины и хронические больные находятся под диспансерным наблюдением.

Дыхание — физиологический процесс, при котором происходит расщепление органического вещества, усвоение кислорода, выделение углекислого газа и воды; осуществляется в митохондриях клеток. При этом освобождается энергия, идущая на синтез АТФ. Дыхание включает следующие этапы: поглощение кислорода из окружающей среды (внешнее дыхание), перенос кислорода внутри организма, тканевое или клеточное дыхание — включение кислорода в электронно-транспортную цепь в митохондриях. Кислородное дыхание свойственно всем животным — аэробам; плоские и круглые черви, паразитирующие в бескислородной среде (кишечник хозяина), некоторые простейшие, кишечные симбиотические бактерии являются анаэробными организмами.

Дыхательная система — совокупность органов, обеспечивающих дыхание. У наземных животных и человека представлена верхними дыхательными путями (нос, гортань, трахея), легкими (бронхи, бронхиолы, альвеолы). В альвеолах происходит газообмен между воздухом и кровью, при этом поглощается кислород и выделяется углекислый газ. Кровеносная система переносит кислород к клеткам тела, где осуществляется внутреннее (тканевое) дыхание. Усвоение поглощенного кислорода происходит в митохондриях клеток. Выделяющийся при этом углекислый газ поглощается кровью и выносится в альвеолы легких, где выделяется в воздушную среду. У животных, постоянно обитающих в воде, газообмен осуществляется через жабры и наружные покровы. Наиболее примитивные животные (простейшие, кишечнополостные, свободноживущие различные

черви) не имеют специализированной дыхательной системы, для них характерно прямое дыхание, газообмен происходит по всей поверхности организма непосредственно с окружающей средой.

Жабры — органы дыхания у водных животных, представляющие собой тонкие складки покровной ткани, обильно пронизанные кровеносными капиллярами. В жабрах происходит газообмен между водной средой и кровью, которая поглощает кислород и выделяет углекислый газ.

Железы внутренней секреции (эндокринная система) — система органов, вырабатывающих гормоны, которые выделяются непосредственно в кровь и оказывают на организм гуморальное регулирующее воздействие. К ним относятся щитовидная железа (гормон тироксин), гипофиз (ростовые и регуляторные гормоны), надпочечники (гормон адреналин, половые гормоны), островки Лангерганса в поджелудочной железе (гормоны глюкагон и инсулин). Железами смешанной секреции являются половые железы; железы внешней секреции — слюнные, потовые, сальные, молочные, пищеварительные. В основном все железы образованы эпителиальными клетками.

Желудок (греч. «гастер») — расширение пищеварительной трубки, где пища подвергается механической и химической обработке. Он состоит из трех частей — дна (верхняя часть), тела и области привратника. На границе пищевода и дна желудка, а также привратника и двенадцатиперстной кишки находятся сфинктеры (кольцо гладкой мускулатуры), которые открываются рефлекторно по мере прохождения пищевого комка. При поступлении в желудок пищи происходит рефлекторное выделение гормона гастрина, который секретируют слизистые оболочки дна и привратника желудка. Он вызывает образование пищеварительного (желудочного) сока, в состав которого входят ферменты пепсин (расщепляющий сложные белки) и химозин (створаживающий белок молока для последующего расщепления пепсином), соляная кислота и слизь. Объем желудка у человека составляет около 3 л.

Желудочек сердца — камера сердца, состоящая из одной (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся) или двух (птицы, млекопитающие) частей (левого и правого желудочков). Сокращение желудочков (одного или двух) обеспечивает движение крови по сосудам, идущим от сердца (аорта, легочные артерии).

Желчный пузырь — мешковидное полое образование, соединенное с печенью, в котором концентрируется желчь, вырабатываемая печенью. Желчь по желчному протоку рефлекторно поступает в двенадцатиперстную кишку, где участвует в переваривании пищи, превращая жиры в жировую эмульсию и создавая среду для пищеварения. Желчь представляет собой секрет железистых клеток печени. Это горькая, слегка щелочная прозрачная жидкость желтоватого или зеленовато-бурого цвета. Окраску ей придают продукты расщепления пигмента гемоглобина (билирубин, биливердин, уробилин). Желчь состоит из воды, солей желчных кислот, желчных пигментов, холестерина, неорганических солей. Печень взрослого человека выделяет за сутки 1,5–2,0 л желчи.

Живорождение — способ воспроизведения, при котором зародыш развивается в материнском организме, питается непосредственно от него и рождается в виде более или менее развитого детеныша, свободного от яйцевых оболочек. Наблюдается у некоторых кишечнополостных, круглых червей, моллюсков, насекомых; среди позвоночных характерно для некоторых рыб, из земноводных — для некоторых саламандр, из пресмыкающихся — для ряда ящериц; для млекопитающих (за исключением яйцекладущих) это главный способ рождения детенышей.

Жизненная емкость легких — количество воздуха, которое может выдохнуть человек после самого глубокого вдоха (в среднем около 3500 см^3). У курящих людей емкость легких — 3000 см^3, у спортсменов — 5000 см^3.

Земноводные (амфибии) — класс типа хордовых, первые наземные позвоночные животные. Для представителей класса характерно прохождение начальных этапов развития в воде (откладка яиц, развитие личинки-головастика у лягушки) и последующих — на суше. Это наиболее просто устроенные наземные животные, у которых впервые появляется легочное дыхание, два круга кровообращения, трехкамерное сердце, среднее ухо, пятипалые задние конечности, позвоночник сочленен подвижно с черепной коробкой одним позвонком. В то же время общий план строения тела и внутренних органов одинаков с более высокоорганизованными хордовыми животными. К современным земноводным относятся разные виды лягушек, жаб, тритоны, саламандры, к древним — вымершие стегоцефалы.

Иммунитет — сопротивляемость, невосприимчивость организма к генетически чужеродным белкам, организмам, ядовитым

веществам. Различают иммунитет врожденный (естественный, передающийся от материнского организма) и приобретенный (возникает в результате перенесенного заболевания или введения вакцины). Вакцина (от лат. слова «вакка» — корова) была впервые получена из сыворотки коров, переболевших оспой, английским врачом Э. Дженнером в конце XVIII в. Иммунную защиту осуществляют лейкоциты — лимфоциты, фагоциты, антитела, клеточные мембраны; у растений также существует иммунная система, которая выражается в непроницаемости покровных тканей, образовании губительных для болезнетворных организмов фенольных соединений, изоляции паразита; кроме того, у растений имеются гены устойчивости к тем или иным болезням и вредителям. Учение об иммунитете лежит в основе профилактики болезней, а также лечении человека и животных, а у растений — и селекции культур, устойчивых к болезням и вредителям.

Инстинкты — совокупность безусловных рефлексов, характерных для особей данного вида в определенных условиях (врожденное поведение). У простейших они проявляются в форме перемещения к раздражителю или от него. Для животных, имеющих нервную систему, характерны многообразные и сложные инстинкты: пищевые, защитные, половые, родительские, познавательные, сигнальные, комфортные. На основе инстинктов вырабатывается индивидуальный опыт поведения, который создает преимущества одних особей в популяции перед другими. Особенно интересны инстинкты общественных насекомых (пчел, муравьев), перелетных птиц, мигрирующих рыб.

Кишечнополостные — тип древнейших из многоклеточных животных, появившихся в протерозойскую эру и обитающих в воде. Для них характерно двухслойное тело (эктодерма и энтодерма), радиальная симметрия, кишечная полость, первичный рот, окруженный щупальцами со стрекательными клетками. Размножаются бесполым и половым путем. К ним относятся сидячие формы (гидроидные, коралловые полипы) и свободно плавающие (медузы) (см. рис. 66).

Кишечный канал — пищеварительная трубка, начинающаяся ротовым и заканчивающаяся заднепроходным (анальным) отверстием. Впервые возник у круглых червей, характерен для кольчатых червей, моллюсков, членистоногих и хордовых. Кишечный канал подразделяется на передний, средний и задний кишечник. На его основе возникли пищеварительные железы, плавательный пузырь рыб и органы легочного дыхания.

Клоака — расширенная часть задней кишки, куда открываются пищеварительная, выделительная и половая системы. Характерна для некоторых рыб (акулы, скаты, двоякодышащие), земноводных, пресмыкающихся, птиц, однопроходных (яйцекладущих) низших млекопитающих (ехидна, утконос).

Кожа — наружный покров тела. У беспозвоночных представлена однослойным эпителием, покрытым кутикулой, раковиной или хитиновым панцирем. У позвоночных кожа состоит из эпидермиса (многослойного эпителия эктодермального происхождения), защищенного чешуей (костной или роговой), панцирем, перьями, пухом или волосами; собственно кожи (дермы) и подкожной жировой клетчатки мезодермального происхождения. В коже находятся железы — слизевые, потовые, сальные, млечные, пахучие, ядовитые. Она выполняет защитную функцию, участвует в теплорегуляции, газообмене, выделении, является депо крови (20% объема), органом осязания и ориентации.

Кожно-мускульный мешок — совокупность эпителия и мышечной ткани у всех типов червей. Выполняет функцию внешнего скелета и покрова, который защищен кутикулой от намокания и расщепления пищеварительными ферментами (у паразитических червей).

Кора больших полушарий — наружный слой клеток переднего мозга, впервые появившийся у пресмыкающихся, но наиболее развитый у млекопитающих и особенно у человека. Кора имеет складчатую поверхность (площадь 2–2,5 тыс. см^2), она состоит из серого (14 млрд тел нейронов) и белого вещества (нервные отростки). Толщина коры — 1,5–3 мм. В ней расположены центры высшей нервной деятельности — мышления, речи, чтения, письма, а также зоны органов чувств, целенаправленных движений.

Кость — основной структурный элемент скелета позвоночных животных. Кость способна к росту, восприятию боли, кроветворению и выполнению опорной функции. Она состоит из костной и хрящевой тканей, пронизанных нервами и кровеносными сосудами. Костная ткань состоит из живых клеток — остеоцитов, своими отростками соединенных друг с другом, и межклеточного вещества, представленного органическим веществом белковой природы оссеином, коллагеновыми волокнами и основным веществом, в состав которого входят соли кальция и фосфора. Плоские и короткие кости образованы губчатым веществом, они содержат красный костный мозг; трубчатые кости на концах

также состоят из губчатого вещества, содержащего красный костный мозг, а в теле длинной кости, построенной из компактного вещества, находится желтый костный мозг. В красном костном мозге образуются форменные элементы крови — эритроциты, лейкоциты, тромбоциты — это кроветворный орган. Желтый костный мозг представлен жировой соединительной тканью, которая участвует в обновлении костной ткани, разрушая изнутри старые клетки компактного вещества тела кости. Снаружи кость покрыта соединительнотканной надкостницей, пронизанной нервами и кровеносными сосудами, она питает кость и образует новые слои костной ткани, обеспечивая рост кости в толщину и срастание при переломах.

Кровеносная система — система органов кровообращения, состоящая из сердца и кровеносных сосудов. Может быть незамкнутой — кровь поступает из сердца по сосудам в полость тела, омывает клетки, разносит кислород и питательные вещества, поглощает диоксид углерода и конечные продукты обмена, после чего вновь собирается в кровеносных сосудах (моллюски, членистоногие). Эта кровь (гемолимфа) чаще бесцветная или зеленовато-голубая благодаря дыхательному пигменту гемоцианину. В замкнутой системе кровообращения кровь находится только в кровеносных сосудах — артериях, венах, капиллярах (кольчатые черви, хордовые), для нее характерно наличие дыхательного пигмента красного цвета — гемоглобина. Она может циркулировать как в одном (кольчатые черви, ланцетники, рыбы), так и в двух кругах кровообращения. Второй круг получил название легочного, или малого, так как возник лишь с появлением легочного дыхания (земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие).

Кроветворный орган — орган, где происходит образование из стволовых клеток и созревание форменных элементов крови — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов. Главным кроветворным органом является красный костный мозг, кроме того, в кроветворении участвуют селезенка, лимфатические узлы, на более ранних стадиях — печень.

Кровь — жидкая соединительная ткань, заполняющая кровеносные сосуды. Она состоит из плазмы (55%) и форменных элементов — эритроцитов, лейкоцитов и тромбоцитов (45%). При свертывании крови остается сыворотка, которая отличается от плазмы отсутствием белка фибриногена. Кровь может быть артериальной, богатой кислородом, и венозной, насыщенной

углекислым газом. Кроме того, артериальная кровь разносит питательные вещества, а венозная собирает конечные продукты обмена (мочевина, мочевая кислота, соли). Кровь поддерживает постоянство внутренней среды организма (гомеостаз), переносит воду и гормоны. Она выполняет защитную функцию, участвуя в образовании антител, обезвреживании болезнетворных микроорганизмов и разрушении чужеродных веществ. Свертываясь в местах поражения сосудов, кровь образует кровяной сгусток, тем самым сохраняя жидкую среду организма. Кровь играет ведущую роль в теплорегуляции, отдавая тепло и воду (кожное испарение). У животных с незамкнутой кровеносной системой кровь называется гемолимфой (кровяной жидкостью). Она разносит растворенные в плазме кислород и углекислый газ (кроме насекомых), питательные вещества и собирает конечные продукты жизнедеятельности. У человека кровь составляет 7% массы его тела.

Кровяное давление — давление крови на стенки кровеносных сосудов. Максимальное давление в артерии (верхнее) наблюдается во время сокращения желудочков — 115–120 мм рт. ст. Минимальное давление (нижнее) наблюдается при расслаблении сердечной мышцы — 70–80 мм рт. ст. Гипертония — повышение артериального давления против нормы, гипотония — понижение давления.

Круги кровообращения — замкнутая система сосудов, по которой осуществляется движение крови. Для водных животных, дышащих с помощью жабр, характерен один круг кровообращения. Два круга имеют животные с легочным дыханием: малый круг (легочный) и большой (общий). Однако в зависимости от строения сердца (четырех- или трехкамерное) в кровеносной системе имеются существенные отличия. Так, у животных с четырехкамерным сердцем (птицы и млекопитающие) малый круг начинается в правом желудочке сердца, включает легочную артерию, капилляры легких и легочную вену; заканчивается в левом предсердии. Большой круг кровообращения начинается в левом желудочке сердца аортой, включает артерии, идущие ко всем клеткам органов, капилляры, вены и заканчивается в правом предсердии. У животных с трехкамерным сердцем (земноводные, пресмыкающиеся) оба круга начинаются от единственного желудочка, поэтому кровь артериальная смешивается с венозной, в то время как у животных с четырехкамерным сердцем через правую половину сердца идет только венозная, через ле-

вую — только артериальная кровь. У всех позвоночных животных головной мозг снабжается только артериальной кровью (по сонным артериям).

Ланцетники — класс подтипа Бесчерепные, типа Хордовые. Это морские животные с рыбовидным телом 4–8 см длиной. Скелет внутренний, представлен хордой, сохраняющейся всю жизнь. Мышцы сегментированы, спинной мозг в виде полой трубки, органы чувств примитивные. Размножение половое. Ланцетники появились в протерозое и с тех пор мало изменились.

Легкие — органы воздушного дыхания. Характерны для беспозвоночных (паукообразные, брюхоногие моллюски) и всех позвоночных, за исключением рыб и личинок земноводных (головастиков). В легких происходит газообмен между воздухом и кровью, находящейся в капиллярах. Они имеют ячеистое строение, что увеличивает площадь их поверхности. У млекопитающих разделены на доли (левое — на две, правое — на три). Легкие покрыты легочной плеврой и находятся в грудной полости, выстланной пристенной плеврой, поверхность между листками плевры увлажняется, чтобы смягчить трение при дыхательных движениях. Атмосферное давление в грудной полости на 5 мм рт. ст. ниже, чем в окружающей среде, поэтому воздух при вдохе устремляется в легкие. Легкие возникли на базе парного плавательного пузыря рыб.

Лейкоциты, или белые кровяные тельца, — клетки крови, имеющие округлую форму, ядро, способны к образованию ложноножек. Образуются в красном костном мозге, селезенке и лимфатических узлах. Живут 3–5 дней, некоторые несколько часов, а лимфоциты более 20 лет. Разрушаются в печени, селезенке, а также тех участках тела, где идет воспалительный процесс. Основная функция — защита организма от болезнетворных микробов. У здорового человека содержится 4–10 тыс. лейкоцитов, у больного значительно больше. Существует несколько типов лейкоцитов (лимфоциты, моноциты, нейтрофилы, эозинофилы, базофилы), различающихся по величине, форме клеток, ядра и функциям. Так, наиболее многочисленные — нейтрофилы — совместно с моноцитами осуществляют фагоцитоз болезнетворных бактерий; лимфоциты вырабатывают антитела (иммунная защита); эозинофилы противостоят чужеродным белкам при аллергических реакциях на пыльцу растений, насекомых-паразитов и др.

Лимфа — бесцветная жидкость, по составу близкая к плазме крови, но менее вязкая, способная свертываться. Заключена в лим-

фатические сосуды, которые впадают в верхнюю полую вену. Образуется лимфа за счет тканевой жидкости путем всасывания ее через мешковидные окончания лимфатических капилляров. Движение лимфы осуществляется сжимающим действием скелетных мышц, обратный ток предотвращают полулунные клапаны. Роль лимфы — отведение избытка воды, обеззараживание тканевой жидкости и возвращение ее в кровяное русло, перенос питательных веществ. Этому предшествует прохождение лимфы через лимфатические узлы, где находятся лейкоциты-лимфоциты и происходит обезвреживание и отделение различных частиц и бактерий. У курящих людей лимфатические узлы легких становятся черными. Наиболее крупные лимфатические узлы находятся в области шеи, подмышечных впадин, в паху и на других участках тела и в органах.

Матка — орган женской половой системы, куда впадают яйцеводы. Здесь происходит развитие плода (зародыша) у млекопитающих (сумчатых и плацентарных животных). В матке плацентарных животных образуется детское место — плацента, которая связывает материнский организм с организмом плода через пуповину. Матки характерны и для других животных, но они имеют другое строение и происхождение. Так, у плоских червей в каждом членике имеется несколько маток, у живородящих акул, некоторых костных рыб, земноводных и пресмыкающихся также имеется матка, но в ней зародыши развиваются за счет питательных веществ, отложенных в яйце.

Млекопитающие — класс типа хордовых, представляющий собой вершину эволюции животных. Это самый молодой класс, возникший в меловой период мезозойской эры. Они прошли параллельный путь эволюции с насекомыми и цветковыми растениями. Для млекопитающих характерны следующие признаки: волосяной покров, кожные железы, в том числе молочные, разделение полости тела на грудную и брюшную, теплокровность, постоянная температура тела, развитая кора больших полушарий головного мозга, сложное поведение, живорождение, забота о потомстве. Класс млекопитающих подразделяется на **три подкласса**: яйцекладущие, сумчатые и плацентарные. Млекопитающие дали главнейших домашних и промысловых животных, разводимых пушных зверей.

Мозг — центральный отдел нервной системы, состоящий у позвоночных из спинного и головного мозга. Спинной мозг представляет собой сегментированную трубку, состоящую из серого ве-

щества (тела нейронов) и белого вещества (отростков нейронов), с центральным каналом, заполненным спинномозговой жидкостью; у позвоночных он заключен в позвоночном канале. Головной мозг состоит из пяти отделов: переднего, промежуточного, среднего, заднего и продолговатого мозга, которые также представлены серым и белым веществом; находится под защитой костей черепа. От мозга отходят нервы: от спинного — 31 пара спинномозговых, от головного — 12 пар черепно-мозговых нервов, управляющих деятельностью всех органов. У беспозвоночных животных скопление нервных узлов (ганглиев) также называется мозгом.

Моллюски — тип беспозвоночных мягкотелых животных, большинство из которых имеют раковину различной формы. У голого слизня раковины нет, а у «корабельного червя» она сохранилась только на передней части головы. Тело моллюсков состоит из головы (выраженной в разной степени), туловища и ноги, покрыто кожной складкой — мантией, под которой находится мантийная полость. Это древнейшие животные, обитающие в воде и на суше, поэтому органами дыхания могут быть легкие или жабры, сердце 2–3-камерное, кровь бесцветная или голубовато-зеленая, животные обоеполые или раздельнополые, тело билатеральное или асимметричное. Нервная система и органы чувств развиты в разной степени — наиболее совершенны у головоногих, в наименьшей степени развиты у двустворчатых. Многие моллюски имеют промысловое значение: кальмары, осьминоги, устрицы, мидии, гребешки, жемчужницы. Двустворчатые являются активными фильтратами воды в водоемах. Встречаются вредители растений, грибов (слизни, виноградная улитка), некоторые являются промежуточными хозяевами паразитических червей (прудовики).

Моча — конечный продукт метаболизма организма (экскрет). Образуется в почках в результате фильтрации крови, которая осуществляется в нефронах. **Первичная моча** образуется при фильтрации крови в капсулах нефронов, она состоит из воды, солей, мочевины, мочевой кислоты, аминокислот и сахара. Общее количество ее — 150–170 л за сутки, так как кровь проходит через почки 300 раз. Из капсул первичная моча поступает в извитые канальцы нефрона, и по мере ее продвижения происходит реабсорбция (обратное всасывание) значительной части воды, сахара и других веществ. В конечном счете образуется 1–1,5 л **вторичной мочи**, которая поступает в почечную лоханку, затем по мо-

четочникам в мочевой пузырь, где она накапливается и периодически рефлекторно выводится наружу.

Мышечная ткань (мускулатура) — ткань беспозвоночных и позвоночных животных, обладающая способностью возбуждаться и сокращаться, что приводит в движение различные органы тела. Первой в процессе эволюции возникла гладкая мышечная ткань, функционирующая под контролем вегетативной нервной системы, она формирует стенки внутренних органов (кроме сердца); характерна для беспозвоночных, кроме членистоногих, и всех позвоночных животных. **Гладкая** мышечная ткань состоит из веретеновидных клеток длиной до 0,1 мм, в цитоплазме которых имеется одно ядро и сократительные белковые нити (миофибриллы). **Поперечнополосатая** мышечная ткань впервые возникла у членистоногих и характерна для всех позвоночных, она построена из волокон длиной до 10 см, состоящих из цитоплазмы со многими удлиненными ядрами. В цитоплазме находятся миофибриллы с темными и светлыми участками, что и придает ткани поперечную исчерченность. Эта ткань формирует скелетную мускулатуру, функционирующую под контролем центральной нервной системы, т. е. осуществляет целенаправленные произвольные движения. Особое место занимает сердечная мышца, которая состоит из поперечнополосатой мышечной ткани, но функционирует под контролем вегетативной нервной системы. **Мышечная ткань сердца** состоит из волокон, подобных волокнам скелетных мышц, соединенных между собой вставочными дисками — миоцитами.

Мышцы скелетные — часть опорно-двигательной системы, обеспечивающая активное, целенаправленное действие: движение тела или его частей, дыхание, глотание, голосообразование, мимику. Скелетная мышца состоит из поперечнополосатой мышечной ткани, волокна которой собраны в пучки, покрытые оболочкой; к мышце подходят кровеносные сосуды и нервы, внутримышечная соединительная ткань переходит в сухожилие, при помощи которого мышца прикрепляется к костям. Работают мышцы рефлекторно. Движения конечностей или корпуса осуществляют мышцы-антагонисты (противоположного действия — сгибатели и разгибатели). Главнейшие мышцы: груди — большая грудная, межреберные, диафрагма; живота — наружные и внутренние косые, поперечная и прямая; широкая и трапециевидная мышцы спины; мышцы головы — жевательные, мимические; мышцы верхних конечностей — дельтовид-

ная, двуглавая, трехглавая; мышцы нижних конечностей — большая ягодичная мышца, мышцы бедра (двуглавая и четырехглавая мышцы бедра), трехглавая мышца голени (икроножная), мышцы стоп и кистей. Самая длинная мышца — портняжная, которая одним концом присоединена к верхней части подвздошной кости, а другим — к большеберцовой кости.

Наркомания (от греч. «наркозис» — сон, оцепенение, «мания» — страсть) — резко выраженное влечение к наркотическим веществам, вызывающим у человека ложное ощущение благополучия, веселья, опьянения, наркотического сна. Употребление алкоголя и курение табака также представляет собой наркоманию, создавая почву для возникновения хронического заболевания.

Насекомые — класс подтипа трахейнодышащих типа членистоногих. Самый молодой из беспозвоночных и самый многочисленный класс из всех животных, насчитывающий 1 млн видов. Для них характерно расчленение тела на голову, грудь и брюшко, наличие трех пар ходильных членистых ног и у большинства — двух пар крыльев. Тело покрыто хитиновой кутикулой. На голове находятся усики, ротовые органы и сложные глаза. Грудь состоит из трех сегментов, брюшко имеет разное число сегментов и конечностей не несет. Мышцы поперечнополосатые, прикреплены к хитиновому покрову — наружному скелету. Полость тела смешанная. Кровеносная система незамкнутая, органы выделения — мальпигиевы сосуды, органы дыхания — трахеи, нервная система узлового типа, имеется головной мозг, все органы чувств хорошо развиты. Животные раздельнополые, развитие с полным или неполным превращением. Роль насекомых разнообразна: они опыляют цветковые растения, но в то же время являются вредителями растений, однако среди них есть немало паразитов-вредителей — защитников растений. Кроме того, они являются пищей для многих животных, но в то же время распространяют инфекционные болезни. Насекомые дают мед, шелк, воск, прополис, лекарственные средства.

Нейрон — нервная клетка, состоящая из тела и отростков: одного длинного и нескольких ветвящихся коротких — дендритов. Тела нейронов и дендриты образуют серое вещество мозга. Дендриты соединяют нейроны в единую систему. Аксоны и дендроны образуют белое вещество мозга, они формируют проводящие нервные пути. По дендронам возбуждение передается от периферии к центральной нервной системе (ЦНС) по центро-

стремительным (чувствительным), а по аксонам — в обратном направлении по центробежным (двигательным) нейронам. Кроме того, имеются вставочные нейроны, соединяющие через синапсы два взаимопротивоположных нейрона. Аксоны и дендроны обычно покрыты миелиновой оболочкой.

Нервная система — одна из важнейших регуляторных систем организма. У позвоночных представлена центральной (головной и спинной мозг) и периферической нервной системой. Периферическая нервная система подразделяется на соматическую, управляющую скелетными мышцами, и вегетативную, управляющую гладкими мышцами и сердечной мышцей. Нервная система осуществляет высшую нервную деятельность, связь организма с внешней средой через органы чувств, координирует условные и безусловные рефлексы, произвольные и непроизвольные движения, регулирует работу внутренних органов и постоянство внутренней среды организма. Работает совместно с гормональной системой. У беспозвоночных нервная система представлена тремя типами: диффузная (кишечнополостные), в виде нервных стволов (плоские и круглые черви), узлового типа — нервная цепочка (кольчатые черви, моллюски, членистоногие).

Нерест — откладка рыбами яиц (икры) и семенной жидкости (молок) в специальных местах — нерестилищах, где происходит оплодотворение, развитие личинок и мальков. У одних рыб нерест бывает один раз в жизни (дальневосточный лосось, угорь), у других — многократно.

Нефрон (греч. «нефрос» — почка), ***или почечное тельце***, — структурная и функциональная единица почки, состоящая из мальпигиева тельца (клубочек кровеносных капилляров, погруженный в эпителиальную капсулу) и почечных канальцев, характерна для позвоночных животных. В нефронах происходит фильтрация крови и образование первичной мочи, что возможно благодаря разнице диаметра артериол и кровяного давления в капиллярах (70 мм рт. ст.) и в полости капсулы (30 мм рт. ст.). В капсулу не фильтруются форменные элементы крови и белковые молекулы, проникновение их в мочу является признаком заболевания нефронов (нефрита).

Обмен веществ (метаболизм) — последовательное потребление, превращение, использование, накопление и потеря веществ и энергии в живых организмах в процессе жизнедеятельности, что позволяет им самосохраняться, развиваться и самовоспроизводиться. Обмен веществ состоит из двух противоположных

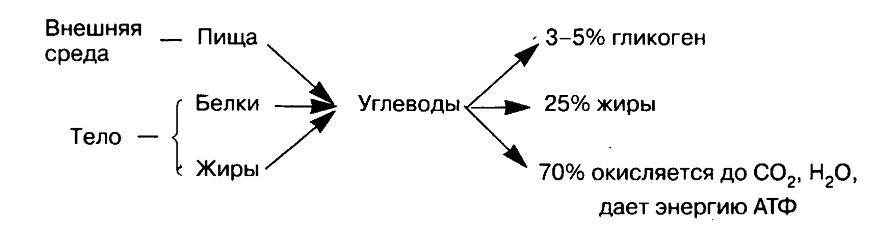
процессов — ассимиляции и диссимиляции. В процессе ассимиляции происходит синтез из простых веществ более сложных с поглощением энергии. В процессе диссимиляции происходит расщепление с участием ферментов сложных веществ до простых с освобождением энергии. Обмен веществ можно рассматривать как общий и по разным группам веществ — белковый, жировой, углеводный, водно-солевой. У каждого из них имеются свои системы регулирования.

Белковый обмен начинается с поступления по воротной системе в печень крови, несущей аминокислоты из кишечника. Необходимые для организма аминокислоты возвращаются в кровь и поступают в органы и ткани, где они необходимы для биосинтеза белка, поскольку белки очень быстро синтезируются и быстро расходуются и синтезируются заново. Так, белки печени обновляются через четверо суток, белки мышц через 24 дня, кожи — через 300 дней. Избыточные аминокислоты подвергаются в печени дезаминированию, при котором с помощью ферментов отщепляется аминогруппа. Остатки аминокислот преобразуются либо в глюкозу, либо в гликоген, либо в запасной жир как источник энергии. Белки в запас не откладываются. Если организм голодает, то он использует белки клеточных органелл. Белки как питательные вещества бывают полноценные (содержащие все аминокислоты) — это животные белки и неполноценные — это белки растений. Но при сочетании белков разных растений можно получить полный набор аминокислот.

Жировой обмен начинается с синтеза собственных человеческих жиров в эпителии тонкого кишечника. Получившаяся жировая эмульсия поступает в лимфатическую систему, которая приносит ее в печень, где жиры разного происхождения распределяются на нейтральные (триглицериды), идущие в жировое депо (10–20% массы тела), половина из них идет в подкожную жировую клетчатку, остальные в большой сальник (на животе), околопочечную, околосердечную клетчатку, между мышцами и т. д. и пластические жиры. Это фосфолипиды. Они становятся компонентами клеточных мембран, липопротеидов, являющихся предшественниками стероидных гормонов, желчных кислот и простагландинов (тканевых гормоноподобных веществ). Эти жиры содержат больше ненасыщенных жирных кислот и синтезируются в организме не из пищевых жиров, а из белков и углеводов. К этой группе веществ относятся стероиды тканей мозга, коры надпочечников, в частности холестерин — жироподобное вещество из группы стероидов, а также является исходным для

синтеза половых гормонов. Нарушение жирового обмена начинается обычно с нарушения углеводного обмена, вследствие чего не только накапливается избыток жира, но и в крови появляются промежуточные продукты — «ацетоновые тела», их норма по ацетону 1,0–2,0 мг% , а при ее превышении, особенно у больных сахарным диабетом, происходит отравление.

Углеводный обмен начинается с всасывания глюкозы через ворсинки кишечника. По воротной системе она с кровью переносится в печень, где 2–3% поступившей глюкозы превращается в гликоген и накапливается. Всего в печени запасается 100–400 г гликогена, что расходуется за 12–24 ч, после чего уровень сахара в крови поддерживается за счет преобразования аминокислот в глюкозу. Уровень сахара в крови — 80–100 мг (0,08–0,12%), повышенный уровень — 0,2–0,4%. При достаточном поступлении белков в организм печень способна до 60% аминокислот пищи дезаминировать и превратить в глюкозу. Мышечные ткани также способны преобразовывать глюкозу крови в гликоген. Это происходит при усиленной мышечной работе, когда нужно «местное топливо». Только в печени содержится фермент глюкозо-6-фосфатаза, превращающая глюкозу-6-фосфат в свободную глюкозу, в мышцах же этот фермент отсутствует, поэтому мышцы не могут вернуть глюкозу в кровь. В печени глюкоза преобразуется в жир. Функция печени в углеводном обмене, как в жировом и белковом, регулируется гормонами и вегетативной нервной системой.



Водно-солевой обмен начинается с потребления человеком воды, количество которой определяется центром жажды, расположенным в гипоталамусе. Потребление воды, заключенной в пищевых продуктах, готовых блюдах, этим центром не регулируется. Поэтому надо уметь контролировать тот объем воды, который мы потребляем. В сутки в разном виде — экзогенно и эндогенно — в организм поступает 2,5–3 л воды, из них

1,2–1,5 л выводится через почки, 0,8 л через кожу, 0,5 л через легкие и 0,1–0,15 л с калом. При сбалансированном поступлении и выходе воды организм работает нормально. Но бывают нарушения: при недостатке антидиуретического (АДГ) гормона и вазопрессина происходит обильный выход мочи из организма (несахарное мочеизнурение) и человек мучается неутолимой жаждой. Сильные потери воды (20% и более) наблюдаются при отравлениях, при нарушении всасывания воды в толстом кишечнике (жидкий стул). Противоположные явления наблюдаются при накоплении излишней воды в организме и образовании отеков конечностей, лица, а также внутриполостных. Причины связаны с нарушением функции почек, сердца, местными повреждениями тканей. Кроме того, воду в организме удерживает соль, острые приправы, жареное, пища, богатая белками. Это осмотически активные вещества, которые требуют дополнительного потребления воды. Поэтому надо контролировать свой рацион, чтобы не вызвать перегрузку почек и сердца.

Оплодотворение — процесс слияния яйцеклетки со сперматозоидом. У животных это может происходить вне организма (ракообразные, многие рыбы, земноводные) или внутри его (кишечнополостные, все типы червей, паукообразные, насекомые, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие). Для гермафродитных животных — плоских паразитических червей — характерно оплодотворение в пределах самой особи, а для кишечнополостных, кольчатых червей и двустворчатых моллюсков — оплодотворение сперматозоидами партнера. Оплодотворение может быть двух типов — конъюгация и копуляция. **Конъюгация** характерна для некоторых бактерий, водорослей, а из представителей животного мира — инфузорий. У инфузорий происходит обмен малыми ядрами между двумя особями без увеличения их числа. **Копуляция** наиболее распространена. Она может сопровождаться как участием копулятивных (совокупительных) органов, так и без них (дождевые черви, птицы).

Органы размножения (гениталии) — наружные (копулятивные) органы и половые железы (гонады), в которых образуются гаметы: у особей женского пола это яичники, расположенные в полости тела, у особей мужского пола — семенники. Из яичников яйцеклетки проходят в яйцеводы, сперматозоиды — в семяпроводы. Копуляция гамет происходит у разных животных по-разному, как в результате внутреннего, так и наружного осеменения. Чаще всего копуляция осуществляется в яйцеводах или в их расши-

ренной части — матке, где формируется зародыш. У многих рыб, земноводных, для которых характерно наружное осеменение, оплодотворение происходит вне организма. Зигота, образующаяся в результате оплодотворения, объединяет генотипы отцовского и материнского организмов и несет новые комбинации наследственного материала.

Ортопедия (от греч. «ортос» — прямой, правильный, «педиа» — воспитание) — раздел хирургии, занимающийся профилактикой, диагностикой и лечением деформаций и нарушений функций костно-мышечной системы, вызванных врожденными дефектами или последствиями травм и различных заболеваний.

Паукообразные — класс подтипа хелицеровых типа членистоногих. Тело состоит из головогруди и брюшка, на головогруди четыре пары ходильных ног, кроме того, имеются ногочелюсти: одна пара хелицеры — челюсти для схватывания пищи (у паука они несут ядовитый коготок), вторая пара — педипальпы (ногощупальца). Брюшные конечности видоизменены в паутинные бородавки. Усиков нет. Покров хитиновый, полость тела смешанная, кровеносная система незамкнутая, органы дыхания — трахеи и легкие, органы выделения — мальпигиевы сосуды, нервная система узлового типа, имеется головной «мозг», глаза простые, животные раздельнополые. Имеются различия в строение тела, пищеварительной системе, плетении паутины (пауки). Скорпионы, тарантулы, каракурты, птицеяды опасны для человека, клещи являются возбудителями или переносчиками болезней. Пауки приносят пользу, уничтожая вредных насекомых. Скорпионы — древнейшие из паукообразных, они являются первыми животными, вышедшими на сушу в силурийском периоде палеозоя.

Печень (греч. «гепар») — самая крупная пищеварительная железа (у человека массой до 1,5 кг), расположена в правом подреберье. Выполняет целый ряд важнейших функций: вырабатывает желчь, фибриноген и протромбин, обезвреживает вредные и ядовитые вещества (преобразует аммиак в мочевину), участвует в обмене белков, липидов, углеводов, минеральных веществ, воды, в разрушении гемоглобина, в кроветворении (у зародышей), синтезе и запасании витаминов, преобразовании глюкозы в гликоген, является депо крови. Протоки печени открываются в желчный пузырь или непосредственно в двенадцатиперстную кишку. Печень впервые возникла у моллюсков как вырост средней кишки, характерна для всех позвоночных.

Пищеварение — процесс измельчения и физиологического расщепления (переваривания) пищи с помощью пищеварительных соков и ферментов, осуществляющийся в пищеварительной системе. У простейших пищеварение **внутриклеточное**, связано с образованием пищеварительной вакуоли. Для большинства многоклеточных животных характерно **внеклеточное** пищеварение, когда пищеварительные ферменты выделяются из клеток во внешнюю среду. Оно может осуществляться как в пределах самого организма (пищеварительные органы), так и вне его. Так, у пауков пищеварение внеорганизменное, связанное с особенностями добычи ими пищи.

Пищеварительная система — система органов, где осуществляется механическая и химическая переработка пищи. Самая первая пищеварительная система характерна для представителя класса ресничных червей планарии белой — рот, глотка, кишка, рот. Начиная с типа круглых червей появляется пищеварительная трубка, у кольчатых — рот, глотка, пищевод, желудок, кишечник (передний, средний, задний отделы), заднепроходное отверстие (анальное). У моллюсков впервые появляется печень, у рыб поджелудочная железа. У земноводных появляется двенадцатиперстная кишка (передний отдел тонкого кишечника), которая характерна для всех наземных позвоночных, затем выделяются тощая и подвздошная кишки, толстый кишечник (слепая, ободочная, сигмовидная кишки) и прямая кишка, на основе которой у всех яйцекладущих животных и земноводных образуется клоака.

Пищеварительные железы — железы, вырабатывающие пищеварительные соки и ферменты. К ним относятся: 1) слюнные железы, продуцирующие слюну, которая состоит из слизи (белок муцин) и ферментов птиалина и мальтазы. Слюна смачивает пищу и участвует в расщеплении крахмала в основном до олигосахаридов. Главные слюнные железы млекопитающих — околоушные, подчелюстные, подъязычные, протоки которых открываются в ротовую полость. Впервые слюнные железы появляются у членистоногих, иногда они вырабатывают яд; 2) железы желудка, вырабатывающие желудочный сок; 3) печень, вырабатывающая желчь; 4) поджелудочная железа, продуцирующая поджелудочный сок, содержащий ферменты трипсин (расщепляет пептиды до аминокислот), липазу (расщепляет жиры до глицерина и жирных кислот), амилазу (расщепляет олигосахариды до глюкозы). Кроме того, вырабатывается гор-

мон инсулин, который функционирует в печени, преобразуя глюкозу в гликоген; 5) железистый эпителий тонкого кишечника вырабатывает кишечный сок, способствующий полному перевариванию пищи. Одновременно в кишечнике происходит всасывание переваренной пищи — через ворсинки кишок поглощаются аминокислоты и глюкоза, откуда попадают в кровеносную систему. Глицерин всасывается в клетки эпителия кишок, а жирные кислоты преобразуются в соли жирных кислот (омыляются), после чего также поступают в клетки эпителия кишечника, где в результате взаимодействия с глицерином синтезируются жиры, специфичные для человека, затем в виде эмульсии они всасываются в лимфатическую систему. В толстом кишечнике пищеварительных желез нет, но переваривание пищи продолжается с участием кишечных симбиотических бактерий, которые расщепляют непереваренную клетчатку (грубая пища), получая энергию для своей жизнедеятельности. В свою очередь, они вырабатывают витамины (В, К) и ферменты, необходимые организму человека. В толстом кишечнике всасывается вода и формируются каловые массы (экскременты).

Плавательный пузырь — парный или непарный вырост переднего отдела кишечника у некоторых рыб, заполненный газами и служащий гидростатическим аппаратом (поддерживающим тело на определенной глубине). У древних двоякодышащих и кистеперых рыб служил для воздушного дыхания, выполняя функции легких. В результате его совершенствования возникли легкие у земноводных и других наземных позвоночных животных.

Плеврит (от греч. «плевра» — бок) — болезнь, вызываемая воспалительным процессом в тонкой оболочке, покрывающей легкие и выстилающей внутреннюю поверхность грудной полости — плевре.

Плечевой пояс — часть скелета, которая является опорой передних (верхних) конечностей и связывает их с туловищем. Состоит из лопаток, вороньих костей (у млекопитающих — приросших к лопаткам), ключиц (кроме копытных, китообразных, псовых), которые сочленяются с плечевой костью, образуя плечевой сустав.

Плоскостопие — изменение формы стопы, характеризующееся опусканием продольного или поперечного свода стопы, отчего теряются их пружинящие свойства.

Позвоночник — основная часть осевого скелета, состоящая из соединенных полуподвижно, за исключением крестцового и коп-

чикового отделов, позвонков и межпозвоночных хрящевых дисков. У человека позвоночник состоит из пяти отделов: шейного (7 позвонков), грудного (12), поясничного (5), крестцового (5), копчикового (4–5). У млекопитающих животных, имеющих хвост, копчиковый отдел замещен хвостовым с неопределенным числом позвонков. Внутри позвоночника проходит позвоночный канал, в котором находится спинной мозг с отходящими от него нервами. У хрящевых рыб позвоночник состоит из хрящей (акулы, скаты).

Полость тела (греч. «целом») — пространство внутри тела животного, в котором расположены внутренние органы. У круглых червей появляется схизоцель — первичная полость тела, образованная эктодермой и энтодермой, она заполнена полостной жидкостью, в которую погружены кишечник и половые органы, выполняет роль гидроскелета, участвует в выделительной и половой функциях. По мере развития мезодермы формируется цело́м — вторичная полость тела, со всех сторон выстланная эпителием мезодермального происхождения. Она впервые появляется у кольчатых червей и также заполнена жидкостью и соединена с окружающей средой через выделительную систему. Моллюски, иглокожие и хордовые имеют вторичную полость тела. У членистоногих полость тела смешанная — первичная и вторичная полости сливаются.

Почки (греч. «нефрос») — парные органы выделения у позвоночных животных и моллюсков, расположенные вдоль спины (туловищные почки) или в тазовом отделе (тазовые почки). У высших позвоночных почки состоят из коры, в которой находятся нефроны, мозгового вещества и лоханки; в нефронах образуется первичная моча, в почечных канальцах, погруженных в мозговое вещество, образуется вторичная моча; в почечной лоханке моча собирается и проходит через ворота почки по мочеточникам в мочевой пузырь. Через ворота почки к почкам подходят почечная артерия и почечная вена. На верхушках почек расположены железы внутренней секреции — надпочечники.

Пресмыкающиеся (рептилии) — древнейший класс типа хордовых животных, достигший расцвета в мезозое (динозавры). Предшественники птиц и млекопитающих. Характерен наземный образ жизни, ползающее тело, роговой покров сухой кожи, пятипалые конечности. Скелет костный, у большинства имеется грудная клетка. Сердце трехкамерное (у крокодилов четырехкамерное), два круга кровообращения. Легкие имеют ячеис-

тое строение. Это холоднокровные животные. Размножаются с помощью яиц, кроме живородящих. Представители: ящерицы, змеи, крокодилы, черепахи.

Продукты выделения. Форма выведения конечных продуктов азотистого обмена связана с условиями жизни животного и его обеспеченностью водой и имеет приспособительное значение. Токсический эффект продуктов обмена снижается в ряду аммиак — мочевина — мочевая кислота. Аммиак токсичен даже в малых концентрациях, но он хорошо растворим в воде и легко диффундирует через любую поверхность, соприкасающуюся с водой. Поэтому аммиак (обычно в виде иона аммония) является конечным продуктом обмена у водных беспозвоночных, большинства пресноводных костистых рыб, постоянно живущих в воде земноводных и их личинок. Если животные ограничены в воде, то для того чтобы аммиак не накапливался в их тканях, он преобразуется в значительно менее токсичное соединение — мочевину. Выведение конечных продуктов в виде мочевины характерно для наземных планарий, хрящевых рыб, взрослых земноводных, млекопитающих; кроме того, значительное содержание мочевины отмечается в моче многих морских костистых рыб. Мочевая кислота и ее соли очень плохо растворимы в воде; для их выведения вода почти не нужна. Поэтому мочевая кислота в качестве конечного продукта обмена характерна для птиц и животных засушливых мест обитания (наземных насекомых, пресмыкающихся). У многих групп животных прослеживаются переходы между различными формами конечных продуктов обмена.

Простейшие — тип самых древних одноклеточных животных, появившихся в архейскую эру. Они обитают главным образом в воде, где передвигаются с помощью жгутиков, ресничек или амебоидных движений, некоторые представители неподвижны, имеют известковую раковину. Питаются гетеротрофно, за исключением эвглены зеленой — факультативного фототрофа. Размножаются делением клетки. У класса инфузорий имеется половой процесс в форме конъюгации. Ряд простейших являются симбиотическими организмами, живущими в кишечнике других животных и человека, имеются паразиты, вызывающие заболевания, — малярийный паразит, дизентерийная амеба, лямблии, балантидий, трихомонада, трипаносома и др.

Птицы — класс типа хордовых животных, представители которого имеют тело, покрытое перьями и пухом, задние конечнос-

ти — ноги, передние — крылья, сердце четырехкамерное, теплокровные, имеются легкие и воздушные мешки (двойное дыхание), сложная пищеварительная система, интенсивный обмен веществ, облегченный скелет, нет мочевого пузыря, у самок один яичник. Размножаются яйцами. Высокоразвитая нервная система и органы чувств, сложные инстинкты, забота о потомстве. Обитают во всех природных зонах, в различных экологических условиях.

Пульс — волнообразное колебание стенки артерии, возникающее под влиянием резкого нарастания давления крови в аорте при поступлении каждой ее порции из левого желудочка сердца при его сжатии (систоле). Число пульсовых ударов соответствует числу сокращений сердца (70–75 уд./мин у человека, у птиц до 400, у рыб — 20). Пульс прощупывается в пульсовых точках, где крупные артерии лежат близко к поверхности тела.

Ракообразные — древнейший класс подтипа жабродышащих типа членистоногих животных. Тело подразделено на голову, грудь (или головогрудь), членистое брюшко и конечности: две пары — антенны и антеннулы (усы), три пары образуют ротовые органы, три пары ногочелюстей, пять пар ходильных ног, шесть пар брюшных ножек и хвостовой плавник, покрыто хитиновым панцирем. Обитают в основном в воде, дыхание жаберное, кровеносная система незамкнутая, сердце пятиугольной формы, органы выделения — зеленые железы, нервная система узлового типа, органы чувств хорошо развиты (кроме органов слуха). Раздельнополые, оплодотворение наружное, размножаются, выметывая икру. Представители: раки, крабы, креветки, дафнии, циклопы. Всеядные животные. Играют большую роль в цепях питания водоемов и сами являются объектом промысла.

Резус-фактор — антиген, содержащийся в эритроцитах человека, впервые обнаружен у обезьян макака-резус. По химической природе это липопротеид, передающийся по наследству и не изменяющийся в течение жизни. У 85% людей кровь резус-положительна (содержит резус-фактор), у 15% — резус-отрицательна. При резус-конфликтной беременности (мать резус-отрицательная, плод резус-положительный или наоборот) могут возникнуть осложнения. Различие резус-систем учитывается при переливании крови, поскольку эритроциты донора разрушаются образующимися антителами реципиента (иммунная защита).

Рефлекс — ответная реакция организма на действие внешнего или внутреннего раздражителя, которая осуществляется при непосредственном участии нервной системы. Рефлексы бывают

безусловные (врожденные) — дыхательный, пищевой, болевой — и условные (приобретенные). Они лежат в основе поведения животных и человека. И. М. Сеченов доказал, что все акты сознательной и бессознательной деятельности есть рефлексы. И. П. Павлов разработал учение о безусловных и условных рефлексах.

Рефлекторная дуга — нервный путь (двух- или трехнейронная дуга), по которому передается возбуждение и ответная реакция на него. Состоит из рецептора, чувствительных (центростремительных) нервных волокон, передающих импульсы в ЦНС, нервного центра — системы нейронов, воспринимающих и передающих возбуждение (вставочные и двигательные нейроны), двигательных нервных волокон (центробежные нервы) и исполнительных органов (мышц, желез и др.). Самая простая рефлекторная дуга — это коленный рефлекс.

Рецепторы — специальные чувствительные образования, воспринимающие внешние и внутренние раздражения. Зрительными рецепторами являются палочки и колбочки сетчатки глаза, слуховым рецептором — кортиев орган слуховой улитки, вкусовыми рецепторами — луковицы языка, обонятельными — волоски носовых раковин, осязательными — клетки кожи, мышц, костей, сухожилий, где находятся нервные окончания чувствительных (сенсорных) нейронов. От рецепторов сигналы поступают по центростремительным (сенсорным) нейронам в ЦНС, где анализируются в соответствующих участках (зонах) коры больших полушарий головного мозга. Так, зрительная зона находится в затылочной области коры, слуховая в височной, осязательная вдоль центральной борозды, вкусовая в передней части височной доли.

РОЭ — реакция оседания эритроцитов (СОЭ — скорость оседания эритроцитов) — метод определения скорости разделения крови, предохраненной от свертывания, на два слоя — нижний, состоящий из осевших на дно эритроцитов, и верхний, состоящий из прозрачной плазмы. Ускоренное оседание эритроцитов (более 4–10 мм/ч) свидетельствует о заболевании.

Рыбы — надкласс типа хордовых подтипа позвоночных животных.

Холоднокровные водные животные, тело которых покрыто чешуей и слизью, имеет обтекаемую форму, плавники, способствующие передвижению в воде. Скелет хрящевой или костный, дыхание жаберное, сердце двухкамерное, один круг кровообращения. Для размножения выметывают икру, оплодотворение преобладает внешнее. Некоторые имеют плавательный пузырь.

Предки земноводных животных. Играют огромную роль в биоценозах всех водоемов. Являются разводимыми и промысловыми животными.

Свертывание крови — защитная реакция человека или животного в ответ на повреждение кровеносного сосуда, вызывающее вытекание крови. Этот процесс заключается в том, что кровь из жидкой становится густой, образуя волокнистый сгусток — тромб, который затягивает место нарушения целостности сосуда, и кровотечение прекращается. Механизм образования тромба — сложный процесс, он связан с взаимодействием нервной, гормональной и кровеносной систем. Главную роль в этом процессе играют тромбоциты (красные кровяные пластинки), которые при поранении сосуда налипают на рану, разрушаются, при этом освобождается содержащийся в них белок-фермент тромбопластин; тромбопластин взаимодействует с находящимся в плазме крови протромбином (неактивным белком-ферментом, синтезирующимся в печени) и при наличии ионов Ca^{2+} и витамина K переводит его в активный белок-фермент тромбин. Тромбин взаимодействует с фибриногеном — белком, растворенным в плазме крови, в результате чего образуется фибрин — нерастворимый в плазме крови волокнистый белок, составляющий основу тромба.

Селезенка — орган кровеносной системы, расположенный слева от желудка под диафрагмой. Имеет овальную форму, длина 12–13 см, сообщается только с кровеносной системой. Служит местом образования лейкоцитов (лимфоцитов), является депо крови (до 16%). Здесь же происходит отбор старых, разбухших эритроцитов, неспособных пройти через капилляры, их захват путем фагоцитоза и разрушение. При этом молекулы гемоглобина в селезенке или в печени распадаются, атомы железа возвращаются в красный костный мозг, гем выделяется в виде желчных пигментов (билирубина или биливердина). Селезенка характерна для всех позвоночных животных.

Сердечный цикл — ритмичная работа сердца по перекачиванию крови в кровеносную систему. Последовательно проходят стадии: систола предсердий (сокращение) — кровь вытесняется в желудочки (через двустворчатый клапан в левой стороне и через трехстворчатый клапан в правой стороне сердца). При сокращении желудочков дву- и трехстворчатые клапаны закрываются, а полулунные открываются и кровь устремляется в аорту и легочную артерию. Диастола (расслабление) желудочков закан-

чивается смыканием полулунных клапанов и полным расслаблением сердечной мышцы. Сердечный цикл у человека длится 0,85 с, из них систола предсердий — 0,15 с, систола желудочков — 0,3 с, диастола — 0,4 с при ритме 70–72 уд./мин.

Сердце (греч. «кардиа» — сердце) — центральный орган кровеносной системы, сокращения которого обеспечивают движение крови по сосудам. Может быть представлено трубочкой (насекомые, паукообразные), кольцевыми сосудами («сердца» у кольчатых червей), мешочком (ракообразные). У моллюсков сердце двух-, трехкамерное, у рыб — двухкамерное, состоящее из предсердия и желудочка; у земноводных и пресмыкающихся — трехкамерное, представленное левым и правым предсердием и желудочком (в желудочке венозная и артериальная кровь смешивается). У крокодилов, птиц и млекопитающих сердце четырехкамерное — два предсердия (правое и левое) и два желудочка (правый и левый). Животные с четырехкамерным сердцем (кроме крокодилов) теплокровные, их кровь не смешивается — по левой стороне сердца идет артериальная кровь, по правой —венозная. Однако у крокодилов, имеющих две дуги аорты — левую и правую, — при их соединении в спинную аорту кровь смешивается. Для животных с трех- и четырехкамерным сердцем характерны два круга кровообращения — большой и малый.

Симметрия — закономерное, правильное расположение частей тела относительно центра (радиальная симметрия у кишечнополостных и иглокожих) или относительно осевой линии (двусторонняя симметрия большей части беспозвоночных и всех позвоночных животных) — билатеральная.

Синапс (греч. «синапсис» — соединение) — место соединения аксона одной нервной клетки с дендритом другой, а также мышечным волокном или секретирующей железой. Передача возбуждения или торможения из клетки в клетку осуществляется через синаптическую щель с помощью электрических или химических механизмов — нейрогормонов (норадреналин, адреналин, серотонин и др.).

Скелет (греч. «скелетус» — высохший) — совокупность твердых тканей, служащих опорой тела или отдельных частей и защищающих его от механических повреждений; может находиться как внутри организма, так и снаружи. Наружный скелет — это раковина у моллюсков, хитиновый панцирь у членистоногих, кожно-мускульный мешок у червей. Внутренний скелет представлен хордой, на смену которой приходят хрящевой и кост-

ный позвоночник, череп, пояса конечностей и кости свободных конечностей и плавников. К костям скелета с помощью сухожилий прикреплены скелетные мышцы. Кости скелета соединены между собой связками из плотной соединительной ткани. Скелет человека составляют около 200 различных костей (плоских, коротких и длинных трубчатых и губчатых), соединенных в разной степени — сращенных неподвижно (кости черепа), полуподвижно (позвонки позвоночника), подвижно (суставы).

Сколиоз (от греч. «сколиозис» — искривление) — боковое искривление позвоночника, возникающее вследствие неправильной посадки за столом, партой.

Спинной мозг — отдел центральной нервной системы, первоначально возникший у бесчерепных хордовых. Представляет собой сплошную трубку, полую внутри, заполненную спинномозговой жидкостью, покрыт тремя оболочками — твердой, паутинной и мягкой и защищен позвоночником. Функционально разделен на сегменты, число которых соответствует числу позвонков. От каждого сегмента по обе стороны равномерно отходят по две пары нервов — два передних и два задних корешка (радикулы), которые, соединяясь, образуют у человека 31 пару спинномозговых нервов. Внутренняя часть спинного мозга представлена серым веществом — телами нейронов и дендритами, наружная — белым веществом — нервными волокнами, соединяющими спинной мозг с головным. Спинной мозг обеспечивает движение всех частей тела, конечностей, иннервируя скелетные мышцы, обусловливает чувствительность кожи. Кроме того, от спинного мозга отходят нервы вегетативной нервной системы (симпатические и парасимпатические), которые иннервируют железы и мышцы внутренних органов, регулируя их деятельность.

Сустав (греч. «диартрозис» — сустав, сочленение) — подвижное соединение костей скелета. Состоит из суставной сумки, заполненной суставной (синовиальной) жидкостью, и соприкасающихся двух или более концов костей (эпифизы), поверхность которых покрыта хрящевой тканью. Конец одной кости имеет форму головки, другой — ямки. По форме суставных поверхностей суставы бывают: шаровидный, эллипсовидный, седловидный и др., степени подвижности — подвижный, полуподвижный. Главные суставы: тазобедренные, коленные, голеностопные, плечевые, локтевые, лучезапястные, суставы пальцев, челюстей.

Тазовый пояс — часть скелета, осуществляющая связь брюшных плавников у рыб или задних конечностей с туловищем у наземных позвоночных животных. Образован парными костями — подвздошной, седалищной, лобковой. У человека в связи с прямохождением они соединяются в единое костное кольцо крестцом. Кости таза срастаются между собой к 10 годам и служат также для поддержки внутренних органов. Сочленение костей таза и бедренной кости ноги образует тазобедренный сустав.

Терморегуляция (от греч. «термо» — теплота, лат. «регуляре» — приводить в порядок) — совокупность физиологических процессов в организме человека и теплокровных животных, направленных на поддержание постоянной температуры тела. Тепло образуется в организме в процессе обмена веществ и энергии. Отдача тепла происходит путем теплопроведения, теплоизлучения и испарения и осуществляется через кожу.

Тканевая жидкость — составная часть внутренней среды организма. Представляет собой жидкость с растворенными в ней питательными веществами, конечными продуктами метаболизма, кислородом и углекислым газом. Находится в промежутках между клетками тканей и органов у позвоночных. Выполняет роль посредника между кровеносной системой и клетками организма. Из тканевой жидкости в кровеносную систему поступает углекислый газ, а вода и конечные продукты метаболизма всасываются в лимфатические капилляры. Объем ее составляет 26,5% массы тела.

Ткань животных — группа клеток, а также межклеточного вещества, имеющих одинаковое происхождение, строение и функцию. Имеются четыре типа тканей: эпителий — покровный (плоский), железистый (кубический), мерцательный (ресничный), всасывающий (цилиндрический); соединительная (плотная, рыхлая, хрящевая, костная, кровь); мышечная (гладкая, поперечнополосатая); нервная. Все ткани образуются из зародышевых листков при их дальнейшей дифференциации и специализации.

Торможение — угнетение уже возникшего в ЦНС возбуждения, подавление возникающего или предупреждение возникновения нового возбуждения в ответ на раздражение. Физической основой этого является гиперполяризация клеточной мембраны и следующее затем снижение ее возбудимости. Торможение может осуществляться как в синапсах на мышечных и железистых

клетках, так и в ЦНС. Некоторые аминокислоты рассматриваются как специфические медиаторы торможения (глицин, гамма-аминомасляная кислота); таким медиатором может выступать и ацетилхолин. В спинном и головном мозге имеются также нейроны со специфической функцией торможения. Изучая условно-рефлекторную деятельность, И. П. Павлов выделил внешнее (безусловное) и внутреннее (условное) торможение. Внешнее торможение возникает в результате действия нового раздражителя достаточной силы. При этом в коре головного мозга возникает новый очаг возбуждения, который вызывает угнетение уже существующего очага. Например, при острой зубной боли перестает болеть пораненный палец; жевание жвачки во время чтения снижает степень усвоения прочитанного материала. Безусловное торможение является врожденным свойством нервной системы. Оно обеспечивает адаптацию и свойственно всем животным, имеющим развитую ЦНС. Различают несколько видов безусловного торможения. Гаснущее возникает при ослаблении вызвавшего его безусловного рефлекса, постоянное торможение возникает при патологическом процессе в организме. Запредельное торможение возникает при воздействии очень сильного раздражителя и имеет охранное значение, способствует сохранению жизни организма. Внутреннее (условное) торможение развивается по закономерностям условного рефлекса, т. е. в том случае, когда действие условного раздражителя не подкрепляется действием безусловного раздражителя. Так, у подопытной собаки прекратится слюноотделение в ответ на звонок, если длительное время включение звонка не будет сопровождаться кормлением этой собаки. В отличие от безусловного условное торможение является индвидуальным, приобретенным свойством организма. Благодаря условному торможению в коре исчезает ненужная временная связь. Оно обеспечивает регулирование поведения в соответствии с условиями среды и присуще всем животным с развитой ЦНС. Способность к условному торможению тренируема, но с возрастом ослабевает. Торможение всех видов предохраняет нервные центры от чрезмерного раздражения и переутомления. Взаимосвязь возбуждения и торможения обеспечивает согласованную работу всех органов и организма в целом.

Ухо (греч. «отос» — ухо) — орган слуха и равновесия. У позвоночных животных оно состоит из наружного, среднего и внутреннего уха. Наружное ухо млекопитающих включает ушную раковину, слуховой канал, барабанную перепонку; среднее ухо состоит

из полости, заполненной воздухом, и трех подвижно соединенных слуховых косточек — молоточка, стремечка, наковальни; внутреннее ухо представлено органом слуха (улиткой с кортиевым органом) и органом равновесия (полукружными каналами и отолитовым аппаратом).

Физиология (от греч. «физис» — природа) — наука о функциях организма и отдельных его частей.

Физиотерапия — использование с лечебными целями природных факторов как в их естественном виде (солнечный свет, воздух, вода, грязи), так и получаемых искусственным путем (электрический ток, токи УВЧ, УФО, ультразвук, ионизация воздуха).

Флюорография (от франц. «флю» — туман, греч. «графо» — пишу) — получение уменьшенного теневого рентгеновского изображения на пленке малых размеров при помощи фотографирования на флюоресцирующем экране. Служит методом массового обследования населения, позволяющим выявить болезни дыхательной и сердечно-сосудистой систем.

Хордовые (греч. «хорде» — струна) — тип наиболее высокоорганизованных животных, имеющих внутренний осевой скелет — хорду — во взрослом или зародышевом периоде жизни. Подразделяются на три подтипа: оболочники, головохордовые (класс бесчерепные — ланцетники), позвоночные. Самый молодой подтип — позвоночные, или черепные, представлен следующими классами: круглоротые, хрящевые рыбы, костные рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие (см. рис. 66).

Хрящ — соединительная ткань, состоящая из округлых клеток, часто лежащих в капсулах, и межклеточного вещества, представленного основным веществом (аморфным, эластичным) и белковыми (коллагеновыми) волокнами. В зависимости от функции изменяется соотношение этих компонентов, поэтому хрящ бывает: гиалиновый (стекловидный) — скелет зародышей, поверхность суставов, концы ребер, стенки дыхательных путей; эластический — ушная раковина, хрящи гортани; волокнистый — межпозвонковые диски, основания сухожилий. Хрящи покрыты надхрящницей, которая осуществляет рост и питание хряща. Хрящи суставов получают питание из суставной жидкости. Хрящевая ткань постоянно обновляется. Впервые хрящи появились у головоногих моллюсков и характерны для всех позвоночных.

Черви кольчатые — тип беспозвоночных животных, имеющих вторичную полость и членистое строение тела, с чем связана ме-

тамерия внутренних органов, замкнутую кровеносную систему, нервную систему узлового типа, посегментно расположенные метанефридии и половые железы. Дыхание жаберное или кожное. Способны к регенерации. Дождевые черви играют положительную роль в почвообразовательном процессе. В воде обитают пиявки и нереиды.

Черви круглые — тип беспозвоночных животных, имеющих первичную полость тела и нечленистое строение; кровеносная система отсутствует, дыхание кожное, выделительная система представлена двумя выделительными каналами. Впервые появляется пищеварительная трубка (рот, кишечник, анус). Нервная система представлена двумя нервными стволами. Паразитические (аскариды, острицы, власоглавы) и свободноживущие (коловратки).

Черви плоские — тип беспозвоночных животных, имеющих лентовидное членистое тело, полость которого заполнена паренхимой и содержит органы размножения и пищеварения (планария). Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют, выделительная система представлена протонефридиями. У паразитических червей (ленточные черви) пищеварительная система и органы чувств отсутствуют, но хорошо развиты различные приспособления к паразитизму, прикреплению к телу хозяина с помощью присосок, крючьев, высокая плодовитость, гермафродитизм.

Череп — скелет головы у позвоночных животных, состоящий из плоских костей, соединяющихся неподвижно, кроме нижней челюсти. Подразделяется на черепную коробку (мозговой отдел) и лицевой череп. Черепная коробка состоит из парных костей (височных, теменных) и непарных (лобной, затылочной, решетчатой, клиновидной). У человека при рождении кости черепной коробки свободные, соединены лишь кожной перепонкой (роднички), которые к трем годам полностью заменяются костью. Швы черепа — венечный, чешуйчатый, лямбдовидный. Лицевой отдел состоит из парных костей (верхняя челюсть, скуловая, носовая, нёбная) и непарных (нижняя челюсть, сошник и подъязычная кость).

Членистоногие — самый молодой и многочисленный (свыше 1 млн видов) тип беспозвоночных животных. Характеризуется наличием членистых конечностей, подразделением тела на голову, грудь, брюшко, покрытых хитином, смешанной полостью тела, незамкнутой кровеносной системой. Тип подразделяется на четыре подтипа: трилобиты (вымершие водные животные), жабродышащие (ракообразные), хелицеровые (паукообразные),

трахейнодышащие (насекомые) — по наличию разного числа конечностей, в том числе ходильных ног, типов дыхательной и выделительной систем, строению органов чувств, характеру развития и размножения. В природе играют большую и разнообразную роль, как положительную, так и отрицательную.

Электрокардиография (ЭКГ) — метод исследования состояния сердца (от греч. «кардиа» — сердце) путем регистрации электрических потенциалов, возникающих в сердечной мышце (миокарде) во время ее сокращения. Электрокардиограмма — кривая, полученная на бумаге или фотопленке при регистрации электрических импульсов сердца.

Эмбриогенез (греч. «эмбрион» — зародыш, «генезис» — происхождение) — начальный период развития организма, протекающий у большинства животных и человека в зародышевых оболочках. Этому предшествует образование гамет (яйцеклетки и сперматозоида), их слияние. Зародышевый период развития начинается с дробления зиготы, стадии морулы, бластулы, гаструлы, затем осуществляется закладка органов и тканей (органогенез) из зародышевых листков. Наружный зародышевый листок — эктодерма — дает начало кожному покрову, нервной системе и органам чувств; внутренний — энтодерма — дает начало пищеварительному каналу, пищеварительным железам, легким и хорде; средний — мезодерма — образует скелетную мускулатуру, сердечную мышцу, кровеносную, выделительную, половую системы и скелет. На стадии бластулы происходит ее деление на две части — эмбриобласт, дающий начало развитию зародыша, и трофобласт, дающий начало плодных (зародышевых) оболочек. У высших позвоночных животных образуется три зародышевые оболочки: амнион, хорион и аллантоис. Амнион — внутренняя оболочка, образующая полость, заполненную жидкостью; покрывает зародыш и защищает его от высыхания, изолирует зародыш от других оболочек и механических повреждений. Хорион — наружная оболочка, которая непосредственно контактирует со стенкой матки, он имеет ворсинки, которые внедряются в ткани матки, осуществляя связь зародыша с материнским организмом. Аллантоис образуется между амнионом и хорионом, у млекопитающих он слабо развит, участвует в образовании сосудов пуповины и мочевого пузыря плода. Пупочный канатик (пуповина) плацентарных млекопитающих связывает организм плода с плацентой, которая образуется путем соединения хориона со стенкой матки. Плацента у млекопитающих бывает двух типов:

неотпадающая (парно-, непарнокопытные, китообразные) и отпадающая (хищные, грызуны, приматы) при рождении детеныша. У пресмыкающихся и птиц хорион и аллантоис срастаются, преобразуясь в объемистый пузырь, куда выносятся конечные продукты жизнедеятельности молодого организма и через который осуществляется газообмен с окружающей средой.

Энцефалит (от греч. «энцефалос» — мозг) — воспаление головного мозга, вызванное попаданием в кровь возбудителя энцефалита, который переносится пастбищным клещом при укусе человека.

Эпидемиология (от греч. «эпидемия» — повальная болезнь) — наука, изучающая причины возникновения и закономерности распространения инфекционных (заразных) заболеваний и разрабатывающая меры борьбы с ними.

Эритроциты (греч. «эритрос» — красный) — клетки крови, красные кровяные тельца. Они имеют форму двояковогнутого диска 8 мкм в диаметре и 2 мкм в толщину. При прохождении через капилляры эритроциты удлиняются или складываются, их наружная мембрана очень прочная, эластичная, поэтому они быстро восстанавливают форму. Эритроциты образуются в красном костном мозге, вначале они имеют ядро, но у млекопитающих при созревании ядро разрушается, синтезируется гемоглобин. В каждом эритроците содержится 265 млн молекул гемоглобина. Зрелые эритроциты выходят в кровяное русло, где живут 3–4 месяца, после чего отмирают в селезенке, а гемоглобин разрушается в печени. Каждую секунду образуется 15 млн эритроцитов и столько же разрушается. Общее количество эритроцитов в 1 мм^3 крови — 4,5–5 млн, уменьшение их количества приводит к анемии. Они характерны для всех позвоночных животных. Функция эритроцитов — перенос кислорода из легких или жабр к клеткам тела через тканевую жидкость и углекислого газа из клеток через легкие или жабры в окружающую среду.

Яйцо, или яйцеклетка (греч. «оон», «овон» — яйцо), — женская половая клетка. Образуется в яичнике в результате оогенеза, имеет гаплоидный набор хромосом. Яйцеклетка содержит ядро, цитоплазму со всеми органеллами и покрыта мембранной оболочкой, поверх которой образуются пленчатые, кожистые или известковые покровы. Размеры яйцеклетки зависят от количества желтка в цитоплазме. Безжелтковые яйца очень малы — 10–100 мкм (беспозвоночные, плацентарные млекопитающие), богатые желтком — 3–80 мм (рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы).

Раздел VI. ПРОИСХОЖДЕНИЕ ЧЕЛОВЕКА

ТЕМА. Происхождение человека

Ч. Дарвин о животном происхождении человека. Ф. Энгельс о роли труда в процессе превращения обезьяны в человека.

Движущие силы антропогенеза. Значение общественной жизни в эволюции человечества. Развитие членораздельной речи и сознания. Роль факторов социальных (труд, общественная жизнь, сознание, речь, воспитание, образование) и биологических (наследственная изменчивость, естественный отбор) в эволюции человека.

Древнейшие люди (питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек). Древние люди (неандертальцы). Первые современные люди (кроманьонцы). Человеческие расы, единство их происхождения. Антинаучная реакционная сущность «социального дарвинизма» и расизма. Ведущая роль законов общественной жизни в социальном прогрессе человечества.

Общие указания. При изучении данной темы надо обратить внимание на то, что глубокие, качественные различия между человеком и человекообразными обезьянами связаны с общественно-трудовой (социальной) деятельностью людей. Отличительная черта человека — создание и применение орудий труда. С их помощью он изменяет среду обитания, сам производит необходимое; животные же используют лишь то, что дает им природа. Применение орудий труда резко уменьшило зависимость человека от природы, ослабило действие естественного отбора. В процессе труда (совместная охота, изготовление орудий) люди объединялись, что порождало необходимость общения и вело к возникновению речи как способа этого общения. На протяжении многих миллионов лет шел отбор особей, способных к использованию орудий труда, более смекалистых, с более ловкими руками. Переход от использования предметов к изготовлению орудий труда — рубеж между обезьяной и человеком. Эволюция руки шла путем естественного отбора мутаций, полезных для трудовой деятельности. Таким образом, рука является не только органом труда, но и его продуктом. Стадный образ жизни и трудовая деятельность делали необходимым постоянный обмен сигналами, что обусловило постепенное развитие членораздельной речи. Медленный отбор мутаций преобразовал неразвитую гортань и ротовой аппарат обезьяны в органы речи человека.

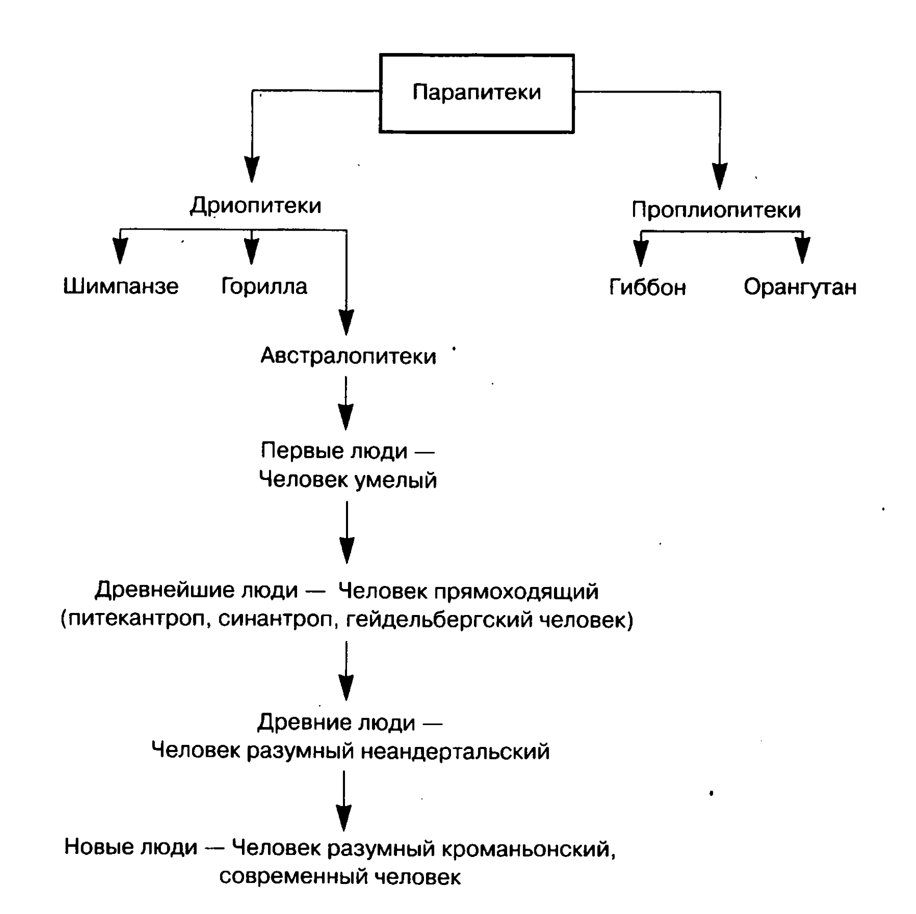
Задание 62

- Повторить имеющийся учебный материал.
- Проанализировать схему 64, рисунок 144.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 69.

Вопросы для самоконтроля

- Когда появились на Земле первые обезьяны?
- Какие ветви в эволюции обезьян начались от парапитеков?
- Какие направления в эволюции обезьян возникли от дриопитеков?
- От каких обезьян произошли человекообразные обезьяны?
- В каком периоде истории Земли появился человек?
- Какое систематическое положение в мире животных занимает человек и каково его научное название?
- Кого относят к древнейшим людям и по каким признакам?
- Какие признаки характерны для древних людей?
- К какому типу человека относят кроманьонца?
- Какие доказательства приводил Ч. Дарвин о происхождении человека от обезьяны?
- Среди какого вида людей возникло человеческое общество?
- В какой период формирования человека выделились человеческие расы?
- Какие люди впервые использовали огонь?
- Какие условия обитания оказали влияние на морфологию человека в различных частях земного шара?
- Какие признаки характерны для человеческих рас?
- Будут ли усиливаться или сглаживаться расовые признаки в будущем человеческом обществе?
- В чем реакционная сущность расовых теорий?
- Какие признаки свидетельствуют о происхождении человека от животного?
- Что такое рудименты и атавизмы?
- Как с позиций биогенетического закона доказать животное происхождение человека?
- До какой степени развития человек находился под воздействием естественного отбора?
- Почему изготовление орудий труда явилось решающим фактором в истории развития человека?
- Что способствовало появлению речи — второй сигнальной системы?
- Что такое социальные отношения и как они складывались?
- Как сформулировал Ф. Энгельс причины очеловечивания обезьян?

Схема 64. Родословная человека



Контрольная работа № 69

1. От кого произошли гиббоны и орангутаны (парапитеки, проплиопитеки, дриопитеки)?
2. От каких обезьян произошли человекообразные (проплиопитеки, дриопитеки, парапитеки)?
3. К каким людям относят питекантропа, синантропа, гейдельбергского человека (древние, древнейшие, новые)?
4. Какие люди жили в эпоху великого оледенения (кроманьонцы, неандертальцы, синантропы, питекантропы)?
5. У каких людей возникли социальные (общественные) отношения (кроманьонцы, неандертальцы, синантропы)?

Антропоиды	Гоминиды — прямоходящие приматы				
Dryopithecus	Australopithecus	Homo erectus	Homo sapiens		
Обезьяноподобное животное; возраст 18–9 млн лет	Человекообразная обезьяна; возраст около 5 млн лет	Человек прямоходящий; возраст 2 млн–500 тыс. лет	Человек разумный; возраст 500–30 тыс. лет	Человек разумный; возраст 40 тыс. лет	Человек разумный; 10 тыс. лет
				Новые люди	
Дриопитек	Австралопитек	Древнейший человек (питекантроп, синантроп, гейдельбергский человек и др.)	Древний человек неандерталец	Кроманьонец	Современный человек
Внешний вид					
Размеры небольшие; лазающие и ходящие в полувыпрямленном положении	Рост 120–150 см, масса 20–50 кг; прямохождение, рука — хватательный орган	Невысокий рост, массивный костяк	Невысокий рост (155–165 см), массивный костяк, коренастый, походка согнутая	Рост до 180 см, физический тип современного человека	

Череп	Человекообразные черты в строении челюсти	Зубы по форме сходны с человеческими Объем мозга 430–550 см³	Череп низкий, кости очень толстые, выраженные надбровные дуги, массивные челюсти Объем мозга 700–1250 см³	Череп более высокий, лоб низкий, скошенный, сильно развитые надбровные дуги Объем мозга около 1400 см³	Череп высокий, лоб прямой, без сплошного надбровного валика, развит подбородочный выступ Объем мозга 1000–1600 см³	Объем мозга 1000–1800 см³
Орудия труда	Орудия труда отсутствуют	Систематически используют естественные предметы как орудие труда (кость, палка и т.д.)	Изготовляют примитивные каменные орудия труда (копье, сколотый камень, скребок, рубило)	Изготовляют обработанные каменные орудия труда (острия, скребки, ножи и др.)	Изготовляют сложные составные орудия труда из кости и камня	Изготовляют сложнейшие орудия труда и механизмы
Образ жизни	Стадный образ жизни	Стадный образ жизни, совместная охота	Общественный образ жизни; поддержание огня	Общественный образ жизни; использование огня. Строительство очагов и жилья. Первые захоронения	Родовая община. Строительство поселений. Появление обрядов. Возникновение искусства, гончарного дела, земледелия	Наивысшие достижения в науке, технике, искусстве

Рис. 144. Антропогенез

Контрольная работа № 69 (продолжение)

6. Что способствовало развитию руки как органа и продукта труда (прямохождение, мышление, подражание, строение руки, освобождение передних конечностей)?
7. Что появилось раньше — общество или речь?
8. Какие из признаков человека не наследуются (речь, дыхание, питание, мышление, коллективный труд, самозащита)?
9. К каким людям относится человек умелый — изготавливавший из камня орудия труда (древнейшие, древние, новые, первые)?
10. Какие из людей первыми овладели членораздельной речью (неандертальцы, кроманьонцы, синантропы)?
11. Какой человек стал именоваться человеком разумным (неандертальцы, кроманьонцы, синантропы, питекантропы)?
12. На каком этапе эволюции человека возникли расы (первые люди, древнейшие люди, древние люди, новые люди)?

Словарь основных терминов и понятий

Австралопитеки (лат. «австралос» — южный, греч. «питекос» — обезьяна) — самые древние, переходные от обезьян к человеку формы высших животных, найденные в Южной Африке и вымершие около 2 млн лет назад. Их эволюция продолжалась очень долго — 3 млн лет. От них ведет начало эволюция человека, которая длилась в целом около 5 млн лет. Общим предком всех австралопитеков является австралопитек рамидус, за которым последовал австралопитек афарензис. Этот австралопитек дал разные направления эволюции: 1) австралопитеков — африканского, эфиопского, робустус и 2) человека — умелого, прямоходящего, неандертальского, разумного. Австралопитеки ходили на ногах при выпрямленном положении тела, жили в пещерах, на безлесных пространствах. Их челюсти были слабо развиты. В качестве орудий для ударов использовали камни, палки, крупные кости конечностей копытных животных, для резки и рубки применяли нижние челюсти и лопатки тех же животных. Австралопитеки были всеядными. Есть находки, указывающие на использование ими огня. По ряду признаков австралопитеки были ближе к человеку, чем современные человекообразные обезьяны.

Вторая сигнальная система — речь, умение мыслить словами. Учение об этом проявлении высшей нервной деятельности человека было разработано И. П. Павловым (1932), который рассматривал мыслительную деятельность человека как функцию го-

ловного мозга, свойственную только человеку. Первой сигнальной системой И. П. Павлов назвал врожденные (безусловные) рефлексы, которые свойственны как высокоорганизованным животным, так и человеку начиная с момента его рождения. Это реакции на кормление, купание, появление близкого человека, боль и т. д., возникающие под действием различных внешних раздражителей. Различие между дальнейшим развитием человека и животного заключается в том, что человек начинает понимать слова, мыслить словами, а для животного слова остаются просто сигналом, состоящим из определенных сочетаний звуков. Когда человек начинает понимать слова, у него развиваются центры речи, расположенные в коре левого полушария головного мозга, а затем центры чтения и письма. Их функции заключаются в анализе и контроле того, что человек читает, пишет, произносит. Вторая сигнальная система характерна только для человека.

Доказательства животного происхождения человека — научно обоснованные, полученные на большом палеонтологическом материале с применением данных сравнительной анатомии и морфологии факты сходства зародышевого развития, единого плана строения тела, скелета, мышц, одинакового положения внутренних органов и их функций у человека и наземных позвоночных. Кроме того, у человека имеются рудименты и атавизмы. Много общих признаков у человека и человекообразных обезьян: отсутствие хвоста, возможность хождения на задних конечностях, плоские ногти на пальцах, пятипалая хватательная кисть, сходное строение зубов, вперед направленные глаза, близость состава крови и ее групп, общие болезни и 90% одинаковых генов, сходство эмоций (гнев, радость, плач, ласковое отношение к детенышам). Кроме того, у обезьян хорошая память и сообразительность, они могут доставать пищу с помощью простейших орудий. Но в то же время они не могут изготовлять эти орудия сами. Именно здесь граница между человеком и его предками.

Древнейшие люди — ранняя стадия становления человека. Предками их были различные ветви вида Человек умелый. Отдельные популяции этих людей стояли на разном уровне эволюции и находились в непримиримой борьбе, в которой побеждали более сообразительные и сильные, лучше владеющие изготовлением и применением орудий. Эти популяции побеждали и австралопи-

теков, и другие популяции человека умелого. Внутри популяций существовал каннибализм — поедание себе подобных. Древнейшие люди объединены в один вид — Человек прямоходящий (Homo erectus). Быстрое расселение этого вида началось около 2 млн лет назад и продолжалось 700 тыс. лет. Совместная трудовая деятельность, стадный образ жизни привели к дальнейшему развитию мозга, размеры которого дали ученым основание предполагать, что эти люди должны были обладать настоящей, хотя и очень примитивной речью. Все эти преимущества человека послужили толчком к дальнейшему прогрессивному развитию. Различные находки останков человека этой стадии носят собственные названия. Наиболее известны следующие: питекантроп (обезьяночеловек), обнаруженный на о. Ява; синантроп (китайский человек), найденный в Китае; гейдельбергский человек, обнаруженный близ Гейдельберга (Германия), и др. После периода максимального расцвета 600–400 тыс. лет назад эти люди быстро вымерли, дав начало новой ветви — неандертальцам (древним людям).

Кроманьонцы — первые современные люди, относящиеся к виду Человек разумный (Homo sapiens). Первая находка была сделана на юге Франции близ местечка Кроманьон. Затем их останки были найдены в Восточном Средиземноморье, в Передней Азии, на юго-востоке Европы. Отсюда кроманьонцы расселились по всей Земле и слились с наиболее прогрессивными неандертальцами. Произошло не только скрещивание генотипов, приведшее к повышению умственных способностей и физического совершенства, но и резкий подъем культуры. Появление кроманьонцев датируется 40–30 тыс. лет до н. э. Эти люди имели внешний вид современных людей, они строили жилища, шили одежду. Важнейший вклад этих людей в историю человечества — приручение ими ряда животных и развитие земледелия, выведение культурных растений. Кроманьонцы хорошо владели речью, у них зародилось изобразительное искусство (до нас дошли наскальные рисунки, резьба по кости и камню). Начиная с кроманьонцев, эволюция биологическая все больше переходит в эволюцию социальную (общественную). В результате прогрессивного развития кроманьонского человека появился современный человек с характерными расовыми признаками.

Неандертальцы — древние люди, предками которых были древнейшие люди. Название этого вида — Человек неандертальский

(Homo sapiens neandertales) — связано с долиной Неандерталь в Германии, где впервые были найдены останки этих людей (XIX в.). Неандертальцы жили 800–40 тыс. лет назад. В ископаемом виде они найдены еще в четырехстах местах северного полушария Евразии. По времени с эпохой неандертальцев совпала эпоха великого оледенения. Этот вид с начала своего возникновения дал две ветви эволюции: одна была представлена людьми звероподобными, очень крупными, но по строению бывшими ближе к древнейшим людям; они явились тупиковой ветвью эволюции. Люди другой ветви были меньше ростом и менее развиты физически, но по строению мозга и по морфологическим признакам были ближе к современному человеку. Они жили большими стадами, у них существовало разделение труда между мужчинами (изготовление орудий труда, охота, поддержание огня, защита) и женщинами (сбор диких плодов и корней). Речь еще примитивна, но логическое мышление уже было развито. На протяжении нескольких десятков тысяч лет звероподобные неандертальцы занимали господствующее положение, и лишь 40–30 тыс. лет назад. началось усиленное развитие второй ветви неандертальцев, общественно и умственно более развитых. Но и эти люди находились еще под контролем естественного отбора: они боролись за жизнь ценой жизни своих соплеменников или людей из соседних стад, по-прежнему имел место каннибализм. Лишь те племена, где начинали сохранять стариков, учиться у них и перенимать жизненный опыт, получили преимущество в борьбе за существование. Коллективная жизнь обеспечила этой группе неандертальцев победу над звероподобными формами и явилась прогрессивной линией эволюции, в ходе которой появились современные люди — кроманьонцы.

Отличие человека от человекообразных обезьян — возникшие в ходе эволюции наследственные изменения, которые под контролем естественного отбора способствовали появлению приспособлений у человека к прямохождению, освобождению рук, развитию мозгового отдела черепа. Одновременно с этим у человека вырабатывались трудовые навыки, усовершенствовались строение и функции руки, головного мозга, речевого аппарата, развивалась мыслительная деятельность и возникла речь.

Положение человека в зоологической системе. В 1735 г. К. Линней поместил человека в отряд приматов; в 1809 г. Ж.-Б. Ламарк также определил место человека среди приматов; Ч. Дар-

вин в 1859 и 1871 гг. доказал животное происхождение человека. Совместными работами Т. Гексли (1863) и Э. Геккеля (1866, 1874) также было выяснено положение человека в зоологической системе: тип Хордовые, класс Млекопитающие, отряд Приматы, подотряд Человекообразные, семейство Люди, род Человек, представленный единственным видом — Человек разумный (Homo sapiens). В настоящее время на Земле насчитывается около 6 млрд человек.

Расы человека — формы вида Человек разумный, которые выделились при приспособлении кроманьонцев к различным природно-климатическим условиям земного шара. Так, жители тропических стран, подвергающиеся действию ультрафиолетового облучения, имеют темный цвет кожи, содержащей защищающий организм пигмент меланин, и пышные курчавые волосы, создающие теплоизоляционный слой, — это люди, относящиеся к негроидной расе. Люди монголоидной расы, живущие в открытых степях с сухими горячими ветрами, имеют суженные глазные щели. У людей холодных природных зон — европеоидная раса — узкий и более длинный нос, чем у представителей других рас, так как при вдыхании холодного воздуха происходит его необходимое прогревание в носовых ходах. Смешение рас (метизация) происходит постоянно, особенно на границах их ареалов, поэтому возникают промежуточные типы, сглаживающие различия между расами.

Социальная эволюция — общественная эволюция, пришедшая на смену биологической эволюции человека. В социальной эволюции человека выделяют три этапа. Первый — создание искусства как своеобразной формы познания и отображения мира (наскальные рисунки). Второй — приручение животных и развитие земледелия. В результате этих изменений человек начал осуществлять некоторый контроль над средой обитания. Третий этап — научно-техническая революция, начавшаяся с эпохи Возрождения (XV в.) и продолжающаяся до наших дней. За это время человек расселился по всей планете и проник в ближайший космос. Биосфера Земли, населенная людьми, превратилась в ноосферу — сферу разумной деятельности человека.

Человек умелый (Homo habilis) — первый вид человека на Земле, появившийся свыше 2 млн лет назад и живший одновременно с австралопитеком. Остатки человека умелого были найдены

в различных местностях Африки. По признакам строения скелета (позвоночник, конечности, череп) человек умелый имеет много общего с человеком разумным. Так, большой палец стопы направлен параллельно остальным, конечные фаланги пальцев рук короткие и плоские. Головной мозг имел массу около 650 г. Этот вид приматов отнесен к роду человек не по морфологическим признакам, а главным образом потому, что человек умелый впервые в процессе эволюции начал сам регулярно и целенаправленно изготовлять орудия труда. Это были грубые галечные орудия, а также орудия в виде специально отточенных костей животных. Период жизни на Земле человека умелого называют периодом галечной культуры.

Человекообразные обезьяны — высшие приматы, произошедшие от парапитеков (греч. «пара» — возле, «питекос» — обезьяна). Парапитеки дали два направления эволюции: дриопитеков (древесные обезьяны) и проплиопитеков (предшественники больших обезьян). От дриопитеков пошли ветви эволюции к шимпанзе, горилле и австралопитекам. Австралопитеки (южные обезьяны) явились прогрессивной ветвью эволюции, вершиной которой стал человек. Проплиопитеки дали две ветви — гиббон и орангутан. Никакие из ныне живущих человекообразных обезьян предками человека не были.

Часть четвертая
ЭКОЛОГИЯ. БИОСФЕРА

Раздел VII. ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОРГАНИЗМА И СРЕДЫ

ТЕМА. Основы экологии

Предмет и задачи экологии, математическое моделирование в экологии. Экологические факторы. Деятельность человека как экологический фактор. Комплексное воздействие факторов на организм. Ограничивающие факторы. Фотопериодизм. Вид, его экологическая характеристика.

Популяция. Факторы, вызывающие изменение численности популяций. Способы ее регулирования.

Рациональное использование видов, сохранение их разнообразия.

Биогеоценоз. Взаимосвязи популяций в биогеоценозе. Цепи питания. Правило экологической пирамиды. Саморегуляция. Смена биогеоценозов. Агроценозы. Повышение продуктивности агроценозов на основе мелиорации земель, внедрения новых технологий выращивания растений.

Охрана биогеоценозов.

Понятие о растительном сообществе. Взаимосвязи растений, животных, микроорганизмов и неживой природы в сообществе. Цепи питания. Ярусность надземная и подземная. Сезонные изменения сообщества.

Задание 63

- Повторить материал по теме, проанализировать схемы 65, 66, рисунок 145.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Выполнить контрольную работу № 70.
- Проверить по словарю знание терминов и понятий.

Вопросы для самоконтроля

- Что изучает экология?
- Как подразделяются экологические факторы?
- Что такое ограничивающий фактор?
- Что такое предел выносливости?

- Какие условия среды являются оптимальными?
- Что включают в себя абиотические факторы?
- Каково влияние температуры на растение?
- Как приспособлены растения к перенесению зимы и жаркого лета?
- Как влияют низкие температуры на жизнедеятельность холоднокровных (пойкилотермных) животных?
- Как влияют высокие температуры на жизнедеятельность теплокровных животных?
- Влияет ли высокая температура окружающей среды на продолжительность жизненного цикла растений и животных?
- Каково влияние температуры на растение?
- Какое значение в жизни животного имеет вода?
- Почему вода служит наиболее жестким ограничивающим фактором?
- Какие приспособления к жизни в безводных пустынях выработались у растений и животных?
- Какую роль играет свет в жизни живых организмов?
- Какова роль ультрафиолетовых, инфракрасных, видимых участков спектра лучей света в жизнедеятельности растений и животных?
- С чем связаны сезонные явления в природе?
- Как реагируют на сезонные изменения растения?
- Какие перестройки в жизненном цикле животных наступают весной и осенью?
- Что такое фотопериодизм?
- Какую роль в сезонных изменениях играет длина светового дня?
- Как изменяется длина светового дня при движении от экватора к полюсам?
- Где наблюдаются самые длинные дни — у экватора или у полюсов?
- Как связаны сезонные изменения у растений с фотопериодизмом?
- Почему астры, георгины, хризантемы цветут осенью?
- Какую роль играет управление длиной светового дня для тепличного хозяйства?
- Почему на птицефермах применяют дополнительное искусственное освещение?
- Какие факторы среды называют биотическими?
- Дайте определение экологической системы.
- Какие взаимоотношения складываются между организмами и окружающей средой?
- Какие взаимоотношения складываются у организмов между собой?
- Что такое цепи (сети) питания?
- Какова общая схема круговорота веществ в экологической системе?
- Что такое звено (пищевой уровень) в цепи питания?
- Почему пищевая цепь имеет не более 3–5 звеньев?
- В чем заключается правило экологической пирамиды?
- Из каких компонентов складывается биогеоценоз?
- Что такое продуценты, консументы, редуценты?
- Какие показатели используют для характеристики биогеоценоза?

- Что такое антропогенный фактор?
- В чем заключается положительное и отрицательное влияние человека на окружающий мир?
- Почему проблема охраны окружающей среды получила в наше время важнейшее международное значение?

Схема 65. Взаимосвязи в биогеоценозе

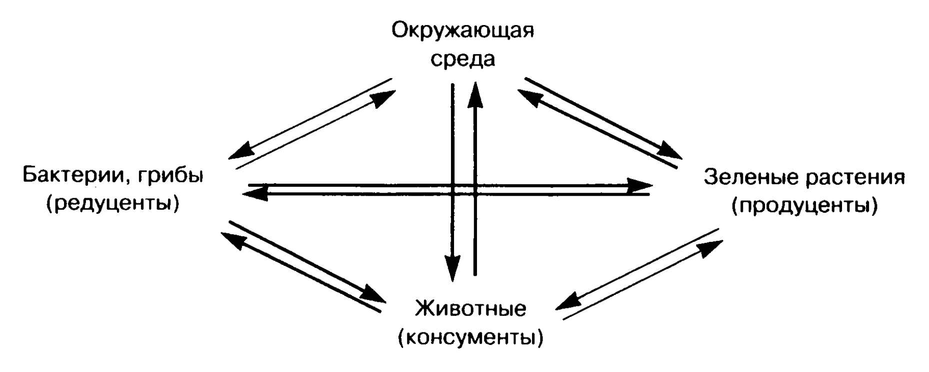
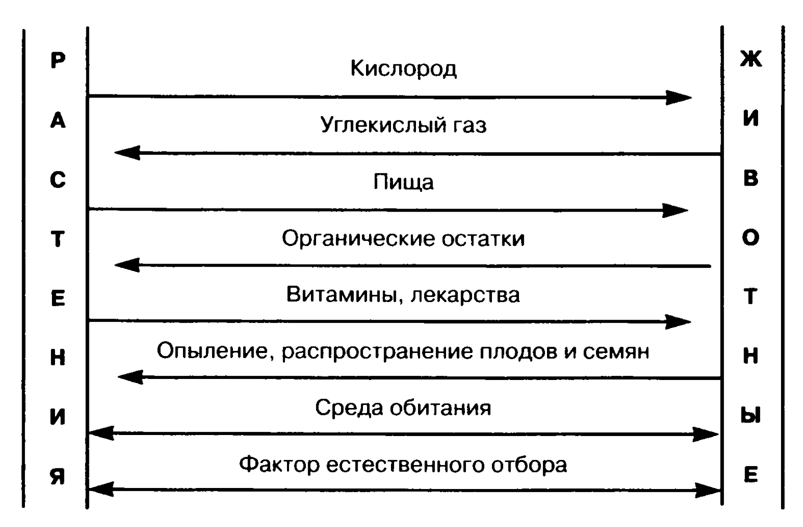


Схема 66. Взаимосвязи в биоценозе между продуцентами и консументами



Контрольная работа № 70

1. Какими факторами среды являются рельеф, климат, почва, воздух (антропогенные, биотические, абиотические)?
2. Какие факторы среды взаимодействуют в биоценозе (абиотические, биотические, антропогенные)?

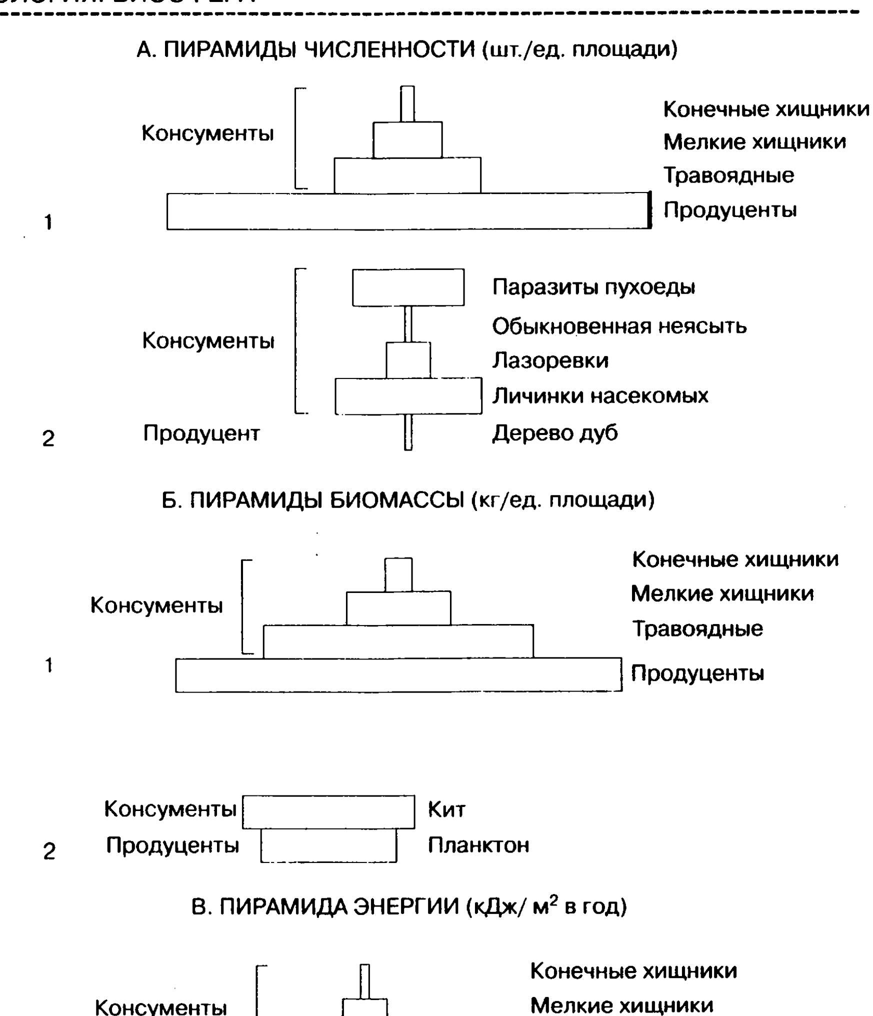


Рис. 145. Экологические пирамиды:
1 — сужающаяся пирамида, *2* — перевернутая пирамида

3. Какие факторы среды взаимодействуют в биогеоценозе (абиотические, биотические, антропогенные)?

4. В какой геологической эре появились на Земле теплокровные животные (палеозойская, мезозойская, кайнозойская)?

5. Почему наступил биологический регресс холоднокровных животных (недостаток воды, недостаток пищи, похолодание, межвидовая борьба)?

6. С каким признаком приспособительной изменчивости организма связано появление теплокровности (волосяной покров, перьевой покров, легочное дыхание, четырехкамерное сердце)?
7. Что является для животных и растений сигналом к сезонным изменениям (температура, длина дня, взаимоотношения, количество пищи)?
8. Какие запасные вещества откладываются на зиму у животных (белки, жиры, углеводы); у растений (белки, жиры, углеводы)?
9. Каким растением является редис, если в начале и в конце лета он образует корнеплоды, а в середине лета цветет (короткодневное, длиннодневное)?
10. Какой из компонентов биоценоза наиболее подвержен изменениям (продуценты, консументы, редуценты)?
11. Что служит ограничивающим фактором в биоценозе (вода, свет, пища, почва, воздух); в биогеоценозе (вода, воздух, свет, пища, почва)?
12. Сколько процентов энергии переходит на каждый последующий пищевой уровень (1, 10, 100)?

Словарь основных терминов и понятий

Абиотические факторы (греч. «а» — отрицание, «биос» — жизнь) — элементы неживой природы: климат (температура, влажность, свет, воздух), почва, рельеф.

Агробиоценоз (греч. «агрос» — поле, «биос» — жизнь, «ценос» — общий) — искусственный, созданный человеком биоценоз. Он не способен существовать без вмешательства человека, не обладает саморегуляцией, но в то же время характеризуется высокой продуктивностью (урожайностью) одного или нескольких видов (сортов) растений (поле пшеницы, яблоневый сад, виноградник).

Анабиоз (греч. «анабиозис» — оживление) — временное состояние организма, при котором жизненные процессы (метаболизм) замедлены до минимума и отсутствуют все видимые признаки жизни. Характерен для беспозвоночных животных, бактерий, спор и семян растений. Применяется в медицине для сохранения сухих вакцин, органов и тканей, предназначенных для пересадки.

Антропогенный фактор (греч. «антропос» — человек) — воздействие человека на организмы через изменение их среды обитания как в прошлом, так и в настоящем, случайно или планомерно (вырубка леса, сбор полезных и уничтожение вредных растений, возделывание сельскохозяйственных культур, разве-

дение и отстрел животных, загрязнение атмосферы и воды). Деятельность человека приводит к изменению природы как среды обитания всех живых организмов.

Биогеоценоз (греч. «биос» — жизнь, «гео» — земля, «ценос» — общий) — структурная и функциональная элементарная единица биосферы. Представляет собой устойчивую саморегулирующуюся экологическую систему, в которой органические компоненты (животные, растения) неразрывно связаны с неорганическими (вода, почва, свет). Например, озеро, сосновый лес, горная долина, речная пойма. Учение о биогеоценозе разработано В. Н. Сукачевым (1940).

Биологические ритмы — одно из основных свойств живой природы, состоящее в равномерном чередовании во времени каких-либо состояний организма. В процессе эволюции биологические ритмы возникли как чередование активности и покоя, ассимиляции и диссимиляции, повышения и понижения температуры тела, что связано с приспособлением к условиям окружающей среды: вращению Земли по отношению к Солнцу, звездам, Луне. Физиологические биоритмы — сокращение сердца, дыхательные движения — существенно изменяются в зависимости от состояния организма. Экологические биоритмы стабильны и соответствуют циклическим изменениям среды: смене дня и ночи, зимы и лета, света и темноты.

Биологические ритмы человека — циклические колебания интенсивности и характера биологических процессов у человека как в течение суток, так и на протяжении года и всего жизненного периода. Суточные ритмы контролируются биологическими часами. Опыты показали, что у большинства людей в течение суток наступают два пика работоспособности: с 8 до 12 ч дня и с 17 до 19 ч. Человек наиболее пассивен с 2 до 5 ч и с 13 до 15 ч. Но наряду с этим есть люди, наиболее работоспособные вечером, и люди, работоспособные рано утром. Соответственно этому они ложатся спать и просыпаются. Изучение биологических ритмов человека позволяет выработать наиболее благоприятный режим труда и отдыха. Суточные изменения ритмов учитываются при лечении больных. Большое значение знание биоритмов имеет при работе на космических кораблях, подводных лодках, полярных станциях, где нет регулярной смены дня и ночи. Важно это и для людей, работающих круглосуточно, а также на транспорте. Привыкание (адаптация) к новым ритмам продолжается от двух дней до двух недель.

Биологические часы — способность организмов реагировать на чередование в течение суток периодов света и темноты определенной продолжительности (покой или активность у животных днем, ночью, в сумерках; суточные ритмы движения цветков и листьев; ритмичность деления клеток, движения цитоплазмы; световая и темновая фазы фотосинтеза и т. д.).

Биомасса — общее количество органического вещества всех особей биоценоза или вида с заключенной в нем энергией. Биомассу выражают обычно в единицах массы в пересчете на сухое вещество, единицу площади или объема. Биомассу можно определить отдельно для животных, растений или отдельных видов. Так, биомасса грибов в почве составляет 0,05–0,35 т/га, водорослей — 0,06–0,5, корней высших растений — 3,0–5,0, дождевых червей — 0,2–0,5, позвоночных животных — 0,001–0,015 т/га.

Биотические факторы (греч. «биос» — жизнь) — живые организмы, взаимодействующие и влияющие друг на друга (растения, животные, микроорганизмы). Живые организмы находятся в разнообразных взаимосвязях: это пищевые сети (цепи), среда обитания друг для друга, физические и химические влияния, способствующие выживанию или гибели.

Биоценоз (греч. «биос» — жизнь, «ценос» — общий) — сложившаяся в процессе эволюционного развития совокупность растений и животных, населяющих одну территорию, взаимно связанных в цепи питания и влияющих друг на друга в ходе борьбы за существование и естественного отбора (растения, животные и микроорганизмы, населяющие озеро, долину реки, сосновый лес).

Видимый свет — свет, составляющий около 45% спектра излучения Солнца. На свету у растений образуется хлорофилл и идет процесс фотосинтеза, благодаря чему зеленые растения обеспечивают планету органическим веществом и кислородом. При рассеянном свете (в пасмурные дни или при низком стоянии Солнца), когда в излучении, достигающем поверхности Земли, преобладают оранжево-красные лучи, процесс фотосинтеза идет наиболее интенсивно. Животные на свету ориентируются в пространстве, отыскивая пищу; свет регулирует их биологические ритмы. Видимый свет регулирует суточную активность и суточные ритмы — приспособления к дневному или ночному образу жизни. Для бесхлорофильных растений и некоторых животных свет не является обязательным условием жизни.

Видовое разнообразие биоценоза. Представлено всеми группами организмов — продуцентами, консументами и редуцентами. На-

рушение какого-либо звена в цепи питания вызывает нарушение биоценоза в целом. Например, вырубка леса приводит к изменению видового состава насекомых, птиц, а следовательно, и зверей. На безлесном участке будут складываться другие цепи питания и сформируется другой биоценоз, что займет не один десяток лет.

Влаголюбивые организмы — растительные и животные организмы, частично связанные с водной средой или обитающие в местах повышенного увлажнения. Из растений это гигрофиты рис, тростник, осоки, болотные растения (росянка, мхи, клюква); из животных — земноводные, некоторые пресмыкающиеся, водоплавающие птицы, насекомые.

Вода — важнейший экологический фактор, без которого невозможна жизнь как растений, так и животных; вода — это источник кислорода при фотосинтезе, среда для физиологических и биохимических процессов в клетках организмов, химический компонент цитоплазмы, вакуолей, органелл, ядра; осморегулятор, терморегулятор, универсальный растворитель и, наконец, место обитания многих организмов. Вода играет огромную роль в формировании погоды и климата. Она определяет фенотип растений и образ жизни животных. Без воды человек не может прожить более 8 дней. Нехватка пресной воды, возникшая в результате расхищения природных богатств в ряде стран, в настоящее время носит очень острый характер.

Воздух — важнейший фактор среды, образующий атмосферу. Его химический состав сложился в ходе эволюции Земли. Воздух содержит (%): азота — 78,08, кислорода — 20,95, аргона — 0,93, углекислый газ — 0,03, примесей других газов — 0,2, водяных паров — 2,6. Главный элемент среды обитания для животных — свободный кислород, а единственный на Земле производитель кислорода — зеленое растение, которое выделяет его в процессе фотосинтеза. Без кислорода невозможны такие процессы, как горение, выплавка металла, промышленное получение многих химических соединений. Однако использование кислорода в этих процессах вызывает загрязнение атмосферы промышленными выбросами, выхлопными газами транспортных средств, а это приводит к повышению содержания в воздухе углекислого газа, сероводорода, оксида серы (IV), оксида азота, оксида углерода (II). Загрязнение атмосферы отрицательно сказывается не только на окружающей природе, но и на здоровье человека, вызывая мутационные изменения и заболевания. Увеличение концентрации углекислого газа в воздухе способствует созданию на

Земле «парникового эффекта», что в конечном счете приведет к повышению температуры воздуха, таянию льдов, затоплению части суши.

Восстановление биоценоза — естественное развитие устойчивой экологической системы, которое проходит в несколько этапов на протяжении десятков лет (после вырубки или пожара еловый лес восстанавливается более чем 100 лет). Искусственное восстановление биоценоза — комплекс мероприятий, обеспечивающий восстановление биоценоза путем посева семян, посадки саженцев деревьев, возвращения исчезнувших животных.

Гетеротермные животные — теплокровные животные, у которых в активном состоянии поддерживается относительно высокая температура тела, а в неактивном — такая же, как в окружающей среде. К таким животным относятся примитивные млекопитающие — яйцекладущие (утконос, ехидна), сумчатые (кенгуру, коала), а из высших млекопитающих — животные, впадающие в спячку, — медведи, ежи, суслики, летучие мыши.

Зимний покой — приспособительное свойство многолетнего растения, для которого в зимнее время характерно прекращение видимого роста и жизнедеятельности (отмирание надземных побегов у травянистых и опадение листьев у древесных и кустарниковых растений).

Зимняя спячка — приспособление животных к перенесению суровых условий зимнего времени (зимний сон барсука, медведя, грызунов, ежей, когда метаболизм замедлен).

Инфракрасные лучи — лучи, составляющие около 45% излучения Солнца. Инфракрасным излучением особенно богат прямой солнечный свет. Поглощаясь твердыми телами, жидкостями, телами растений и животных (особенно холоднокровных), они повышают их температуру. Человеческим глазом эти лучи не воспринимаются.

Исчезающая популяция — популяция, численность которой снизилась до минимума. К концу XIX в. такой популяцией считался североамериканский бизон, в Европе — лебедь-шипун; в первой половине XX в. — сумчатый медведь коала (Австралия). В результате мер, принятых по охране этих видов, их численность восстановлена до желаемого уровня.

Климаксное сообщество — биоценоз, сложившийся в данной местности при отсутствии вмешательства извне и остающийся неизменным до тех пор, пока не возникают внешние нарушения.

Климатические факторы — абиотические факторы среды, связанные с поступлением солнечной энергии, направлением ветров, соотношением влажности и температуры.

Колебание численности популяции — сменяющее друг друга увеличение или уменьшение в определенных пределах числа особей в популяции, происходящее в связи с изменением сезона, колебаниями климатических условий, урожая кормов, стихийными бедствиями. Благодаря регулярному повторению их называют также волнами жизни, или популяционными волнами. Чем беднее видами биоценоз, тем больше возможный размах таких колебаний. Так, в лесах, состоящих из одной породы деревьев, наблюдается массовое размножение насекомых-вредителей; в пустынях появляются гигантские стаи саранчи.

Консументы (лат. «консумо» — потреблять, расходовать) — растительноядные и плотоядные животные, потребители органического вещества. В цепи питания они чаще всего могут иметь порядковый номер с I по IV.

Морозостойкость — способность растения переносить низкие отрицательные температуры как в течение всей зимы, так и во время весенне-летних заморозков. Растения тундры и высокогорий наиболее морозостойки благодаря высокому содержанию сахаров в клеточном соке и малому содержанию воды. Из-за низкой морозостойкости многие овощные культуры высаживаются в открытый грунт в виде рассады и лишь после периода последних (июньских) заморозков (огурцы, помидоры, капуста).

Обитатели мест недостаточного увлажнения — растения и животные пустынь и полупустынь. К ним относятся ксерофиты — дерево саксаул, верблюжья колючка, в Африке — молочаи, в Америке — кактусы. Эти растения по-разному приспособились к жизни в условиях сухости, обычно они безлистны: листья превратились в колючки или чешуи. Ксерофиты подразделяются на две группы: эуксерофиты, у которых корни достигают водоносного горизонта, а в пустыне это около 20 м (верблюжья колючка) и суккуленты, имеющие поверхностные корни и утолщенные стебли (кактус) или листья (алоэ). Из животных в этих местообитаниях живут змеи, черепахи, ящерицы, скорпионы, тарантулы, а также верблюды, курдючные овцы, суслики, тушканчики и др.; холоднокровные животные в жаркий период впадают в оцепенение, теплокровные получают воду за счет расщепления жира.

Обитатели мест умеренного увлажнения — это растения и животные лесов, лугов, полей, садов, парков (лиственные и хвойные породы деревьев, плодово-ягодные культуры, хлебные и луговые злаки, овощные культуры — мезофиты и обитающие в этих сообществах звери, птицы, насекомые и другие животные).

Ограничивающий фактор — фактор среды, выходящий за пределы выносливости организма, т. е. за пределы допускаемого минимума или максимума, при этом его ограничивающая роль может быть временной и зависит от стадии развития организма (в период размножения и начала развития все животные и растения очень чувствительны к низким температурам, взрослые же особи их легко переносят).

Оптимальный фактор (лат. «оптимус» — наилучший) — наиболее благоприятная для организма интенсивность экологического фактора — света, температуры, воздуха, почвы, влажности, пищи и т. д.

Первичная биологическая продуктивность биоценозов — общая суммарная продуктивность фотосинтеза, представляющая собой результат деятельности автотрофов — зеленых растений. Так, сосновый лес 20–30-летнего возраста за год производит 37,8 т/га биомассы. Вторичная биологическая продуктивность биоценозов — это общая суммарная продуктивность гетеротрофных организмов (консументов), которая образуется за счет использования веществ и энергии, накопленных продуцентами. Консументы могут быть растительноядными, когда они непосредственно используют продуценты, или плотоядными, когда они питаются другими животными.

Пирамида численности — экологическая пирамида, отражающая число особей на каждом пищевом уровне. Пирамида чисел не всегда дает четкое понятие о структуре пищевых цепей, так как в ней не учитываются размеры и масса особей, продолжительность жизни, интенсивность обмена веществ, но главная тенденция — уменьшение числа особей от звена к звену — в большинстве случаев прослеживается. Так, в степной экосистеме была установлена следующая численность особей: продуценты — 150 000, травоядные консументы — 20 000, плотоядные консументы — 9000 экз/ар (Одум, 1975), что в пересчете на гектар составит цифры в 100 раз большие. Биоценоз луга характеризуется следующей численностью особей на площади 4 тыс. м^2: продуцентов — 5 842 424, растительноядных консументов I порядка — 708 624, плотоядных консументов II порядка — 35 490, плотоядных консументов III порядка — 3.

Пирамида энергии — выражает закономерность, согласно которой поток энергии постепенно уменьшается и обесценивается при переходе от звена к звену в цепи питания. Так, в биоценозе озера зеленые растения — продуценты — создают биомассу, содержащую 295,3 кДж/см^2, консументы I порядка, потребляя биомассу растений, создают свою биомассу, содержащую 29,4 кДж/см^2; консументы II порядка, используя в пищу консументов I порядка, создают свою биомассу, содержащую 5,46 кДж/см^2. Потеря энергии при переходе от консументов I порядка к консументам II порядка, если это теплокровные животные, увеличивается. Это объясняется тем, что у данных животных много энергии уходит не только на построение своей биомассы, но и на поддержание постоянства температуры тела. Знание потерь энергии в цепях питания дает возможность оценить, насколько экономически выгодно выращивать то или иное животное, возделывать то или иное растение. Одни животные более полно используют энергию, заключенную в пище, на свой прирост, т. е. характеризуются наибольшим коэффициентом использования энергии. К таким животным относятся свиньи и куры. Если сравнить выращивание теленка и окуня, то одинаковое количество затраченной пищевой энергии даст 7 кг говядины и лишь 1 кг рыбы, так как теленок питается травой, а окунь-хищник — рыбой.

Пищевая сеть — совокупность пищевых взаимоотношений между видами в экосистеме. Этот термин отражает сложность пищевых отношений между организмами в экологической системе, поскольку в состав пищи каждого вида входит не один, а несколько видов, каждый из которых может служить пищей нескольким другим видам. Упрощенно пищевую сеть можно представить себе как систему переплетающихся пищевых цепей.

Пищевая цепь (трофическая цепь, цепь питания) — цепь взаимосвязанных видов, последовательно извлекающих органическое вещество и энергию из исходного пищевого вещества; при этом каждое предыдущее звено цепи является пищей для последующего ее звена. На схемах перенос энергии в цепи обозначается стрелкой, направленной от предыдущего звена к последующему (т. е. от поедаемого к поедающему, а не наоборот!). В пищевой цепи при переходе от звена к звену теряется до 90% энергии (рассеивается в виде тепла), поэтому число звеньев в цепи обычно не превышает пяти. Понятно, что чем длиннее пищевая цепь, тем меньшую величину составляет отношение продукции ее последнего звена к продукции начального. Несмотря на то что понятие пищевой сети более полно отражает сложность

пищевых отношений в сообществе, понятие «пищевая цепь» сохраняет свое значение, особенно в тех случаях, когда возможно разнести всех членов сообщества по отдельным звеньям этой цепи — трофическим уровням. Различные виды пищевых цепей имеют свои особенности: 1. В пастбищной цепи (цепи выедания) основным источником пищи служат зеленые растения. Например: трава — насекомые — земноводные — змеи — хищные птицы. 2. Детритные цепи (цепи разложения) обязательно проходят через отмершую биомассу. Например: листовой опад — дождевые черви — бактерии. Особенностью детритных цепей является также то, что в них часто продукция растений не потребляется непосредственно растительноядными животными, а отмирает и минерализуется сапрофитами. Детритные цепи характерны также для экосистем океанических глубин, обитатели которых питаются мертвыми организмами, опустившимися вниз из верхних слоев воды. 3. Особенностью пищевых цепей паразитов является то, что они могут начинаться как с продуцентов (яблоня — щитовка — наездник), так и с консументов (корова — паразитические черви — простейшие — бактерии — вирусы).

Пищевой уровень — см. *Трофический уровень.*

Плотность популяции — количество особей данного вида на единице площади или в единице объема среды.

Правило пирамиды биомасс — закономерность, согласно которой количество растительного вещества, служащего основой цепи питания (продуцентов), примерно в 10 раз больше, чем масса растительноядных животных (консументов I порядка), а масса растительноядных животных в 10 раз больше, чем плотоядных (консументов II порядка), т. е. каждый последующий пищевой уровень имеет массу в 10 раз меньшую, чем предыдущий.

Предел выносливости — граница, за пределами которой существование организма невозможно. Для всех организмов и для каждого вида существуют свои границы по каждому экологическому фактору отдельно, т. е. разная величина толерантности (выносливости). *Эврибионты* имеют широкую экологическую амплитуду, *стенобионты* — узкую.

Продуктивность биосферы — общий прирост биомассы Земли за 1 год. По данным Р. Уиттекера (1980), ежегодная первичная продукция растений составляет $170 \cdot 10^9$ т (сухая масса) и заключает около $300–500 \cdot 10^{21}$ Дж энергии. Наибольшая часть этой продукции приходится на долю растительных сообществ суши — $117 \cdot 10^9$. Из них леса дают $74 \cdot 10^9$ т, особенно леса тро-

пической зоны. Продукция животных (вторичная) составляет $3934 \cdot 10^6$ т, из них около $909 \cdot 10^6$ т — на суше и $3025 \cdot 10^6$ т — в Мировом океане.

Продуценты (лат. «продуцентис» — производящий) — автотрофные организмы (в основном зеленые растения) — единственные производители органического вещества на Земле. Богатое энергией органическое вещество в процессе фотосинтеза синтезируется из бедных энергией неорганических веществ (H_2O и CO_2).

Промысловая популяция — популяция, добыча особей которой экономически оправдана и не приводит к подрыву ее ресурсов.

Растения длинного дня — растения умеренных и приполярных широт, для цветения и плодоношения которых необходим 16–20-часовой день. Так, редис цветет в середине лета при длинном дне, в начале лета и осенью (при коротком дне) он образует корнеплод. Следовательно, для получения корнеплодов его надо выращивать при коротком дне, а для получения семян — при длинном. К растениям длинного дня относятся пшеница, рожь, овес, ячмень, лен, береза, лиственница и др.

Растения короткого дня — растения тропических широт. Для их цветения и плодоношения требуется 8–12-часовой день. Это южные культуры (хлопчатник, хризантемы). Однако и в умеренных широтах бывают короткодневные растения, которые когда-то были привезены из тропических стран. Они цветут рано весной или во второй половине лета. К их числу относятся огурец, арбуз, рис, соя, гречиха, подсолнечник, просо, конопля.

Редуценты (лат. «редуцере» — уменьшение, упрощение строения) — гетеротрофные микроорганизмы (бактерии) и грибы — разрушители органических остатков, деструкторы. Их еще называют санитарами Земли.

Саморегуляция в биогеоценозе — способность к восстановлению и поддержанию внутреннего равновесия биологического круговорота веществ в биогеоценозе после какого-либо природного или антропогенного влияния (ураган, пожар, наводнение, вырубка леса, земляные работы, вытаптывание).

Свет — один из важнейших экологических факторов, особенно для фотосинтезирующих зеленых растений. Главный источник света на Земле — Солнце. В спектре его лучей выделяют три области: ультрафиолетовую (длина волны менее 0,290 мкм), видимую (0,400–0,800 мкм) и инфракрасную (длина волны более 0,750 мкм). Поступление света на Землю носит циклический характер. Различают циклы суточные и годовые.

Сезонный ритм — регулируемая фотопериодом реакция организмов на изменение времени года. При наступлении осеннего короткого дня опадают листья с деревьев, готовятся к перезимовке или мигрируют животные, улетают птицы. При наступлении весеннего длинного дня начинается возобновление растений, восстановление жизненной активности животных, возвращение перелетных птиц и мигрирующих животных.

Сети питания — сложившиеся в процессе эволюции взаимоотношения в экологических системах, при которых многие компоненты питаются разными объектами и сами служат пищей различным членам экосистемы.

Смена биогеоценоза — преемственное естественное поступательное развитие экологической системы, при котором одни биоценозы сменяются другими: например, на месте лесов образуются болота, на месте болот — луга. Это происходит потому, что жизнедеятельность видов постепенно изменяет их собственную среду обитания (микроклимат, почву, водный режим и т. д.). В одних экосистемах этот процесс идет быстро, в других — медленно (коренные биоценозы). Смена биогеоценозов может быть вызвана также стихийными бедствиями (пожар, паводок, ветровал, массовое размножение вредителей) или деятельностью человека (вырубка леса, осушение или орошение земель, земляные работы).

Среда обитания — все условия живой и неживой природы, образующие устойчивую систему, в которой существует организм и которая прямо или косвенно влияет на состояние, развитие и размножение как отдельного организма, так и популяции.

Сукцессия (лат. «сукцессио» — преемственность) — процесс развития сообщества в направлении повышения его устойчивости. Экологическая сукцессия проходит несколько стадий, конечной ее точкой является климаксное сообщество. Для сукцессии характерно увеличение разнообразия видов, усложнение трофических цепей, увеличение биомассы. Сукцессия завершается тогда, когда приход энергии в сообщество становится равен ее потреблению. Полная сукцессия (т. е. завершающаяся климаксным сообществом) называется серией. Различают гидросерию — сукцессию в водной среде; ксеросерию — сукцессию на сухих почвах; галосерию — происходящую в условиях засоления; литосерию — сукцессию на каменистой поверхности. Сукцессия может быть первичной или вторичной. Первичная заключается в формировании нового биогеоценоза на первично свободном субстрате (например, на вновь возникшем вулканическом остро-

ве) и последовательной смене одного биоценоза другим. Вторичная происходит при повреждении уже существующих сообществ (например, в результате бури, пожара, повреждений, нанесенных человеком, — вырубки леса, выпаса скота).

Суточные ритмы — регулярно, с суточной периодичностью происходящие изменения действия абиотических факторов среды и соответственно этому — жизнедеятельности живых организмов: дыхания, фотосинтеза, транспирации, движения, покоя, питания, размножения, деления клеток и т. д.

Температура (лат. «температура» — состояние, соразмерность) — степень нагретости тела, характеристика его теплового состояния, измеряемая с помощью специального прибора термометра (греч. «термос» — теплый). Высокая температура может приводить к денатурации белков в клетках растений и животных. Низкая температура вызывает образование кристаллов льда, обезвоживание и травмирование клеток, снижение иммунитета (свободное проникновение через мембрану болезнетворных микроорганизмов). Тепловые условия играют главнейшую роль в жизни растений и животных, неспособных поддерживать температуру своего тела.

Теплокровные, или гомойотермные, животные (греч. «гомойос» — подобный; «терме» — тепло) — животные, температура тела которых постоянна и в основном не зависит от окружающей среды. Теплокровность является крупнейшим ароморфозом в эволюции животных. Она возникла благодаря разделению сердца на четыре камеры, в которых артериальная кровь не смешивается с венозной и более насыщена кислородом. Одновременно с этим выработались системы физической терморегуляции: защита от охлаждения (покровы тела в виде пуха, шерсти, подкожного жира), защита от перегревания (потовые железы). Усилился процесс метаболизма, увеличилось количество потребляемой пищи, особенно зимой при активном образе жизни. Температура тела птиц — 40 °С, млекопитающих — 35–39 °С, однако у примитивных видов (ехидна, утконос) температура тела всего 25–30 °С, она зависит от температуры окружающей среды. Теплокровность позволила многим видам животных обитать в любых природных зонах: холодных, умеренных, тропических.

Теплолюбивые животные — животные, существующие в горячих источниках, и виды, обитающие только в условиях высоких температур (при более низких они погибают). Коралловые полипы живут лишь в теплых морях, человекообразные обезьяны

(горилла, орангутан и др.), жирафы, крокодилы — в условиях высоких положительных температур. При температуре воды 52 °С существует рыба ципринодон пятнистый; при 70–80 °С — моллюски, ракообразные, насекомые горячих источников.

Теплолюбивые растения — растения, которые не выносят температуру ниже 18–20 °С. Это растения тропиков и субтропиков, которые в странах умеренного пояса выращивают в оранжереях и называют экзотическими (греч. «экзотикос» — иноземный). Большинство комнатных декоративных растений также экзотические и в условиях открытого грунта в большинстве районов нашей страны не растут (фикус, монстера, бегонии, пальмы, лимоны, кактусы, фуксия и др.).

Толерантность (лат. «толеранция» — терпение) — способность организмов выносить отклонение факторов среды от оптимальных значений. Закон толерантности (В. Шелфорд, 1915) гласит: отсутствие или невозможность обитания вида определяется как недостатком, так и избытком любого из факторов среды, имеющих уровень, близкий к пределам выносливости данного организма.

Трофическая сеть — см. *Пищевая сеть.*

Трофический уровень (пищевой уровень) — совокупность организмов, объединяемых типом питания. Представление о трофическом уровне позволяет понять динамику потока энергии в экосистеме. Первый трофический уровень занимают продуценты (растения), второй — консументы I порядка (растительноядные животные), третий — консументы II порядка (хищники, питающиеся растительноядными животными), четвертый — консументы III порядка (вторичные хищники). Организмы разных пищевых цепей, но получающие пищу через равное число звеньев этих цепей, находятся на одном трофическом уровне. В то же время различные популяции одного и того же вида, входящие в различные пищевые цепи, могут находиться на разных трофических уровнях. Соотношение различных трофических уровней в экосистеме можно изобразить графически в виде экологической пирамиды (см. рис. 145).

Трофические цепи (греч. «трофе» — питание) — см. *Пищевая цепь.*

Ультрафиолетовые лучи — лучи, составляющие около 10% спектра излучения Солнца. Они по-разному влияют на организмы: коротковолновые в небольших дозах полезны человеку и животным, способствуя образованию у них витамина D; средневолновые ультрафиолетовые лучи губительно действуют на микроорганизмы и убивают болезнетворные бактерии; длинноволновые

усиливают процесс фотосинтеза, участвуют в отведении избыточного тепла от поверхности листьев.

Фитоценоз (от греч. «фитон» — растение, «ценоз» — общий) — растительное сообщество, исторически сложившееся в результате сочетания взаимодействующих растений на однородном участке территории. Его характеризуют определенный видовой состав, жизненные формы, ярусность (надземная и подземная), обилие (частота встречаемости видов), размещение, аспект (внешний вид), жизненность, сезонные изменения, развитие (смена сообществ).

Фотопериодизм (греч. «фотос» — свет) — реакция организмов на продолжительность дня. По реакции на продолжительность дня растения и животные подразделяют на длиннодневные, короткодневные и нейтральные. Знание фотопериодических реакций дает возможность регулировать в теплицах продолжительность освещения и быстро выращивать рассаду, овощи, выгонять цветы. На птицефабриках удлинение светового дня способствует повышению яйценоскости кур, уток, гусей. В шелководческих хозяйствах тутовому шелкопряду создают короткий день для ускорения его развития, для чего бабочек содержат в темных помещениях.

Холоднокровные, или пойкилотермные, животные (греч. «пойкилос» — различный, «терме» — тепло) — виды, температура тела которых зависит от температуры окружающей среды и изменяется вместе с ней. Такое приспособительное свойство животных выработалось в процессе эволюции как адаптация к условиям среды. Эти животные активны лишь с наступлением тепла, зимой же и в сильную жару они впадают в оцепенение, обходятся без пищи, метаболизм у них замедлен. К их числу относятся все беспозвоночные животные, а также рыбы, пресмыкающиеся, земноводные. Рыбы и лягушки зимой зарываются в ил; змеи в пустынях охотятся ночью, когда прохладно, а днем прячутся.

Холодолюбивые животные — виды, обитающие в условиях низких температур, в ледяной воде, в снегу. К ним относятся овцебык, белый медведь, моржи, тюлени, пингвины, многие виды рыб.

Холодостойкость — способность растений переносить низкие положительные температуры (от 1 до 10 °C) и не терять жизнеспособности при заморозках. Холодостойкость увеличивается в процессе онтогенеза. Растения, обитающие в южных районах страны, благодаря холодостойкости могут произрастать и в более северных широтах. Это такие культуры, как кукуруза, ды-

ни, арбузы, виноград и др., но их возделывание связано с более поздними сроками посева, после июньских заморозков, и защитными мероприятиями.

Цепи питания — цепи взаимосвязанных видов, последовательно извлекающих органическое вещество и энергию из исходного пищевого вещества. Каждое предыдущее звено является пищей для следующего (травянистое растение — растительноядное насекомое — лягушка — змея — хищная птица).

Экологическая пирамида — способ графического отображения соотношения различных трофических уровней в экосистеме (см. рис. 145). Может быть трех типов: 1) пирамида численности — отражает численность организмов на каждом трофическом уровне; 2) пирамида биомассы — отражает биомассу каждого трофического уровня; 3) пирамида энергии — показывает количество энергии, прошедшее через каждый трофический уровень в течение определенного промежутка времени. Первые два типа пирамид имеют ряд существенных недостатков. Построение пирамиды численности может быть затруднено в том случае, если разброс численности организмов разных уровней оказывается чрезвычайно велик. (Например, 500 тысячам злаков в основании пирамиды может соответствовать один конечный хищник.) Кроме того, пирамида может оказаться перевернутой (в том случае, если продуцент очень крупный, или в том случае, если большое число паразитов питаются на немногочисленных консументах). Пирамида биомасс отражает состояние экосистемы на момент отбора пробы и, следовательно, показывает соотношение биомассы в данный момент и не отражает продуктивность каждого трофического уровня (т. е. его способность образовывать биомассу в течение определенного промежутка времени). Поэтому в том случае, когда в число продуцентов входят быстрорастущие виды, пирамида биомасс также может оказаться перевернутой. Этих недостатков лишена пирамида энергии. Она позволяет сравнить продуктивность различных трофических уровней, поскольку учитывает фактор времени. Кроме того, она учитывает разницу в энергетической ценности различных веществ (например, 1 г жира дает почти в два раза больше энергии, чем 1 г глюкозы). Поэтому пирамида энергии всегда суживается кверху и никогда не бывает перевернутой.

Экологическая пластичность — степень выносливости организмов или их сообществ (биоценозов) к воздействию факторов среды. Экологически пластичные виды имеют широкую норму ре-

акции, т. е. широко приспособлены к разной среде обитания (рыбы колюшка и угорь, некоторые простейшие живут как в пресных, так и в соленых водах). Узкоспециализированные виды могут существовать лишь в определенной среде: морские животные и водоросли — в соленой воде, речные рыбы и растения лотос, кувшинка, ряска обитают только в пресной воде.

Экологическая система — сообщество живых организмов и среды их обитания, составляющее единое целое на основе пищевых связей и способов получения энергии. Экосистема — понятие, безотносительное к определенному пространству и времени, применимо как к капле воды, так и к биосфере и может охватывать длительный исторический период или всего несколько дней.

Экологические факторы — отдельные элементы среды обитания, взаимодействующие с организмом и создающие условия для его существования. Интенсивность экологических факторов неодинакова (минимальная, оптимальная, максимальная).

Экология (греч. «ойкос» — жилище, «логос» — наука) — наука о закономерностях взаимоотношений организмов (популяций, видов, сообществ) между собой и со средой обитания. Термин предложен в 1866 г. немецким ученым Э. Геккелем.

Эффективные температуры — температуры, лежащие выше нижнего порога развития и не выходящие за пределы верхнего. Семена начинают прорастать лишь при определенной сумме эффективных температур, переход к цветению у растений также сопряжен с определенной температурой. Жизнь растений возможна в пределах от 0 до +40–45 °С. У крупного рогатого скота снижение температуры окружающей среды до +7° С приводит к нарушению плодовитости. Наиболее высокие эффективные температуры наблюдаются в тропиках, поэтому там и наибольшая плотность жизни; при продвижении к полюсам плотность жизни уменьшается.

Ярусность (этажность) — один из характерных признаков растительного сообщества, заключающийся как бы в поэтажном его разделении как в надземном, так и в подземном пространстве. Надземная ярусность позволяет лучше использовать свет, а подземная — воду и минеральные вещества. Обычно в лесу можно выделить до пяти ярусов: верхний (первый) — высокие деревья, второй — невысокие деревья, третий — кустарники, четвертый — травы, пятый — мхи. Подземная ярусность — зеркальное отражение надземной: глубже всех уходят корни деревьев, близ поверхности почвы расположены подземные части мхов.

ТЕМА. Биосфера и человек. Взаимосвязь природы и общества

Биосфера и ее границы. Биомасса поверхности суши, Мирового океана, почвы. Живое вещество, его газовая, концентрационная, окислительная и восстановительная функции. Круговорот веществ и превращение энергии в биосфере. В. И. Вернадский о возникновении биосферы.

Задание 64

- Повторить материал по теме.
- Ответить на вопросы для самоконтроля.
- Проверить по словарю знание терминов и понятий.
- Проанализировать таблицу 129.

Таблица 129. Биосфера

Оболочки Земли	Протяженность	Границы жизни (биосфера)	Строение и значение
Атмосфера	До 100 км	До 10 км и более. Споры бактерий и грибов поднимаются на высоту до 20 км	*Тропосфера* — нижний слой атмосферы высотой 15 км, включает взвешенные в воздухе водяные пары, перемешивающиеся при неравномерном нагревании поверхности Земли. *Стратосфера* — слой, лежащий выше тропосферы до высоты 40 км. В верхней части свободный кислород превращается в озон, который образует озоновый экран, поглощающий космические излучения и коротковолновые ультрафиолетовые лучи Солнца, губительные для живого. *Ионосфера* — слой, находящийся выше стратосферы, где преобладают разреженные газы
Литосфера	30–70 км	6–8 м (до 100 м)	Твердая каменная оболочка Земли. Верхняя часть литосферы состоит из осадочных горных пород. Под ними лежат гранитный и базальтовый слои. На поверхности литосферы находится почва — слой коры Земли, изменяемый атмосферой и организмами. Остатки живых организмов разлагаются в почве редуцентами, которые включают в круговорот веществ химические элементы — вещества, использующиеся зелеными растениями. Растения играют космическую роль, являясь посредниками между Солнцем и всем живым на Земле, так как выделяют кислород и синтезируют органические вещества

Окончание табл. 129

Оболочки Земли	Протяженность	Границы жизни (биосфера)	Строение и значение
Гидросфера	70% поверхности Земли	До 11 км (Марианская впадина)	Водная оболочка Земли, расположенная между атмосферой и земной корой. Мировой океан имеет среднюю глубину 3,8 км, максимальную — до 11,034 км. В нем растворены соединения до 100 химических элементов и, что особенно важно для животных и растений, — O_2 и CO_2. Живые организмы, населяющие Мировой океан, подразделяются на планктон и бентос. *Планктон* — организмы, населяющие толщу воды. *Бентос* — организмы, прикрепленные ко дну или обитающие на дне (водоросли, донные беспозвоночные и рыбы). Океан оказывает большое влияние на климат — смягчает жару и холод. На дне происходят процессы отложения осадочных пород

Вопросы для самоконтроля

- Какие оболочки Земли входят в состав биосферы, какие — не входят?
- Кто впервые ввел название «биосфера» и кто создал учение о биосфере?
- Из каких слоев состоит атмосфера и чем они характеризуются?
- Из каких горных пород сложена литосфера?
- Какова доля Мирового океана по сравнению с сушей?
- Каковы верхние и нижние пределы жизни во всех оболочках Земли?
- Что такое биомасса и какую долю от массы биосферы она составляет?
- Каковы свойства биомассы?
- Как изменяется плотность жизни в различных природных зонах?
- Какими признаками биогеоценоза характеризуется почва?
- Как изменяется мощность почвы в различных природных зонах?
- Какие биологические, химические и физические процессы происходят в почве?
- Что такое круговорот веществ?
- Какую роль в круговороте веществ и превращении энергии играют растения и животные?
- Какое значение имеет наука о жизни — биология в сохранении жизни на Земле?
- Почему В. И. Вернадский назвал современную биосферу ноосферой (сферой разума)?

Словарь основных терминов и понятий

Атмосфера (греч. «атмос» — воздух, «сфера» — шар) — газообразная оболочка Земли и некоторых других планет, Солнца и звезд. Атмосфера Земли имеет протяженность до 100 км и состоит из тропосферы, стратосферы и ионосферы. На нижней границе стратосферы на высоте 15–35 км свободный кислород превращается в озон ($O_2 \rightarrow O_3$), который образует защитный экран Земли.

Биологическая продуктивность — количество биомассы, производимой организмами за определенное время (сутки, месяц, год) на определенной площади (луг, лес, поле, водоем). Биологическая продуктивность автотрофных организмов называется первичной, гетеротрофных — вторичной.

Биологический круговорот — обмен веществ и энергии между различными компонентами биосферы, обусловленный жизнедеятельностью живых организмов и носящий циклический характер. Движущая сила этого процесса — поток энергии Солнца и деятельность живого вещества.

Биомасса Земли — совокупность всех живых организмов (живого вещества) планеты. Выражается в единицах массы или энергии, отнесенной к единице площади или объема. Биомасса Земли достигает примерно $2{,}423 \cdot 10^{12}$ т, из которых на биомассу зеленых растений суши приходится 97%, а на биомассу животных и микроорганизмов — 3%. Биомасса составляет 0,01% от массы земного шара.

Биомасса Мирового океана — совокупность всех живых организмов, населяющих гидросферу ($^2/_3$ поверхности Земли). Биомасса их в 1000 раз меньше, чем биомасса обитателей суши, и составляет $3{,}9 \cdot 10^9$ т, так как использование солнечной энергии в воде достигает 0,04%, а на суше — 0,1–2,0%.

Биосфера — оболочка Земли, населенная живыми организмами. Она включает верхнюю часть литосферы, всю гидросферу, тропосферу и нижнюю часть стратосферы. Учение о биосфере развито академиком В. И. Вернадским (1926).

Взаимосвязь природы и общества — единство человечества и окружающей среды. На всем протяжении исторического развития человек находился в непосредственной зависимости от природы, а затем сам превратился в важнейший фактор природы — антропогенный. И влияние его на биосферу чаще отрицательное. Деятельность человека в природной среде заключается в следующем: спугивание животных, вытаптывание растений,

вырубка леса, расселение людей, загрязнение водоемов, почвы, воздуха, увеличение площади городов и промышленных предприятий. В результате этих воздействий наступают серьезные изменения в природе: сокращается рождаемость животных, повышается смертность молодняка, изменяется растительное сообщество, как следствие этого изменяется характер борьбы за существование, а за этим и природное сообщество. Все это в конечном счете приводит к потере для человека мест отдыха и отрицательно сказывается на его здоровье и хозяйственной деятельности. Поэтому человек сам заинтересован в охране природы, в восстановлении, улучшении окружающей природной среды. Чем более высоко развито человеческое общество, тем более ответственно оно подходит к экологическим проблемам и решает их. Уже первобытные люди начали вторгаться в природу: хищническая охота привела к уничтожению мамонтов, пещерных медведей, гигантских оленей. Одновременно с этим человек одомашнивал диких животных, вводил в культуру полезные растения, создавал сорта и породы. Он осушал болота и орошал пустыни, вырубал и насаждал леса. Создание промышленности и добыча полезных ископаемых усилили биогенную миграцию атомов — искусственные удобрения и синтетические волокна изменяли состав почвы. Создалась искусственная оболочка Земли — ноосфера, в которой живет человек и на которую оказывает воздействие.

Воздействие человека на биосферу — процесс, при котором в биосфере резко ускоряется миграция атомов по сравнению с естественными биогеохимическими процессами. Количество элементов, включающихся в круговорот, увеличивается и усиливает давление на неорганическую среду: создается искусственная оболочка Земли — ноосфера. Познание закономерностей взаимоотношений человека с биосферой, разумное управление процессами, происходящими в природе, регулирование отношений человека с природой — главная задача экологии в мировом масштабе. Человек — часть биосферы, без которой он существовать не может.

Гидросфера (греч. «гидро» — вода, «сфера» — шар) — водная оболочка Земли, расположенная между литосферой и атмосферой. Она занимает 70,8% поверхности Земли и включает океаны, моря, реки, озера.

Гумус (лат. «гумус» — перегной) — органическое вещество почвы, образующееся в результате разложения растительных и жи-

вотных остатков организмами-редуцентами. Количество гумуса — показатель плодородия почвы. Мощность гумусового горизонта в подзолистых почвах 5–10 см, в черноземных почвах — 1–1,5 м при содержании гумуса до 30%.

Живое вещество — совокупность живых организмов (биомассы) Земли. Представляет собой открытую систему, для которой характерны рост, размножение, распространение, обмен веществ и энергии с внешней средой, накопление энергии и передача ее в цепях питания. Функции живого вещества: газовая (постоянный газообмен с окружающей средой в процессе дыхания); концентрационная (биогенная миграция атомов, которые концентрируются в живых организмах, а после их отмирания переходят в неживую природу); окислительно-восстановительная (обмен веществ и энергии, фотосинтез), транспортная (перенос веществ против силы тяжести и в горизонтальном направлении).

Заказники — участки территории суши или воды, где временно запрещается использование определенных видов природных ресурсов. Срок действия заказников — 5–10 лет. В нашей стране около 3 тыс. заказников на птиц, рыб, промысловых животных.

Заповедники — участки территории суши или воды, полностью исключенные из всех видов хозяйственного использования, где естественные ландшафты сохраняются в ненарушенном состоянии. В нашей стране 150 заповедников общей площадью 16 млн га, в том числе 13 национальных парков и один морской заповедник. Из них 17 получили статус биосферных заповедников (1985).

Защита природной среды от загрязнения — система мероприятий, направленных на устранение отрицательного влияния человека, которое выражается в выбросах ядовитых газов, загрязнении воды, применении гербицидов, пестицидов, горючих материалов, радиоактивных веществ, интенсивных шумов. Атомное сырье, запасы атомного оружия хранятся под землей, в тоннелях, на дне морей — это смертоносный груз Земли, который никогда не потеряет своей опасности. В нашей стране принят ряд постановлений и законов о защите природной среды, впервые было создано Министерство экологии.

Красная книга — список находящихся в опасности редких и исчезающих видов растений и животных. На 1983 г. в нашей стране туда были внесены: 94 вида и подвида млекопитающих, 80 видов птиц, 9 видов земноводных, 37 видов пресмыкающихся, 9 видов рыб, 250 видов беспозвоночных; 681 вид высших растений, 29 видов лишайников. Международным союзом охраны

природы (МСОП) издано 5 томов Красной книги, куда включены 1182 вида животных и 20 тыс. видов растений.

Круговорот азота — биогеохимический процесс в биосфере, в котором участвуют организмы-редуценты, а также нитрифицирующие и клубеньковые бактерии. **Аммонификация** — разложение (гниение) белков с образованием аммиака (минерализация органического вещества). Осуществляется редуцентами. **Нитрификация** — процесс окисления солей аммиака в соли азотной кислоты (I этап — превращение аммиака в нитриты, II этап — превращение нитритов в нитраты). Осуществляется почвенными нитрифицирующими бактериями (нитрозомонас, нитрозабактер). **Денитрификация** — разложение солей азотной кислоты до образования газообразного азота. Осуществляется почвенными денитрифицирующими бактериями. **Азотфиксация** — образование азотистых соединений путем фиксации атмосферного азота свободноживущими почвенными бактериями (азотобактер) или бактериями, живущими в симбиозе с корнями бобовых растений (клубеньковые бактерии ризобиум).

Круговорот веществ — естественное циклическое движение химических элементов от одного компонента биосферы (или биоценоза) к другому, поддерживаемое потоком солнечной радиации. Основным средством этого круговорота служат пищевые связи живых организмов. В воздушный круговорот включается 98,3% веществ (O_2, H_2, N, C и др.), в водный — 1,7% (Na, Mg, Fe, S, Cl, K и др.).

Ландшафт (нем. «ландшафт» — общий вид местности, пейзаж). Ландшафты бывают естественными (озерный, горный, лесной) и созданными человеком (поля, сады, парки, водохранилища, заводы, города). В искусственных ландшафтах большое значение имеет озеленение, так как оно влияет на состав воздуха, воды, уровень шума. Большое значение имеет сохранение естественного ландшафта при застройке городов, добыче строительного материала (галька, щебень, песок), особенно на берегах рек и морей.

Литосфера (греч. «литос» — камень, «сфера» — шар) — внешняя твердая оболочка Земли, земная кора, состоящая из осадочных и магматических пород. На ее поверхности образуется почва — особое природное тело, возникшее при взаимодействии горных пород, воды, воздуха и живых организмов. Литосфера — наиболее насыщенная живым веществом часть биосферы.

Мелиорация почвы (лат. «мелиорацио» — улучшение) — улучшение свойств почвы с целью повышения ее плодородия. Виды

мелиорации: гидротехническая — осушение, орошение, промывка засоленных почв; химическая — известкование, гипсование, окисление; физическая — пескование, глинование; агролесомелиорация — посадка лесных полос и др.

Национальные парки — территории, исключенные из хозяйственной эксплуатации с целью сохранения природных комплексов, имеющих особую экологическую, историческую, эстетическую ценность, а также используемые для отдыха и в культурных целях. В нашей стране к 1985 г. было организовано 13 национальных парков площадью более 600 тыс. га. В мире насчитывается более 2600 национальных парков.

Ноосфера (греч. «ноос» — разум, «сфера» — шар) — «разумная оболочка» Земли — высшая стадия развития биосферы, в которой проявляется деятельность человека как главный, определяющий фактор. Учение о ноосфере развито академиком В. И. Вернадским.

Охрана окружающей среды — охрана среды, в которой живет человечество, и природных объектов этой среды. Существует Международная программа, созданная в 1973 г. ООН (ЮНЕП), посвященная острым проблемам современного состояния окружающей среды: борьбе с наступлением пустынь, охране Мирового океана, почвенного покрова, дождевых тропических лесов, источников пресной воды и т. д.

Превращение энергии — превращение поступающей на Землю солнечной радиации в энергию химических связей, осуществляемое в процессе фотосинтеза. Поток солнечной энергии ежегодно составляет $10{,}5 \cdot 10^{20}$ кДж, из них 42% отражается в мировое пространство, 58% поглощается атмосферой и почвой. Органическое вещество, синтезированное зелеными растениями, содержит $1800 \cdot 10^{15}$ кДж энергии, при этом поглощается 170 млрд т CO_2, 115 млрд т O_2 и испаряется $16 \cdot 10^{12}$ т H_2O.

Ресурсы природные — полезные ископаемые, источники энергии, почва, водные пути и водоемы, минералы, леса, дикорастущие растения, животный мир суши и акватории, генофонд культурных растений и домашних животных, живописные ландшафты, оздоровительные зоны и т. д. Природные ресурсы делят на исчерпаемые и неисчерпаемые. Исчерпаемые ресурсы: невозобновимые (нефть, каменный уголь, другие полезные ископаемые); возобновимые — почва, растительность, животный мир, осадочные породы (соли), темпы расхода которых должны соответствовать темпам их восстановления, иначе они исчезнут. Неисчерпаемые — это космические, климатические и водные

ресурсы. Но и они во многом зависят от состояния атмосферы, гидросферы и биосферы в целом.

Черный список — международный список вымерших видов животных и растений, от которых остались лишь чучела, скелеты, тушки, рисунки, гербарии, находящиеся в музеях. По данным Международного союза охраны природы (МСОП), с 1600 по 1974 г. на Земле исчезли 63 вида млекопитающих. В числе этих животных тур — предок крупного рогатого скота, тарпан — дикая степная лошадь, лошадь Пржевальского (сохранилась только в неволе), морская (стеллерова) корова (семейство дюгоневые, отряд ластоногих), карибский тюлень-монах. Исчезли 64 вида птиц (странствующий голубь, очковый баклан, бескрылая гагарка и др.). В Европе в черный список внесено 3 тыс. видов растений, их гибель вызвана загрязнением воды, воздуха, почвы, а также сбором в качестве лекарственного сырья и на букеты. В окрестностях городов, на расстоянии 50–100 км практически уничтожены такие растения, как ландыш, венерин башмачок, кувшинка белая, любка двулистная, сон-трава, купальница, горицвет весенний, валериана. Многие из исчезнувших растений остались только в ботанических садах; в природе их нет.

Экологический прогноз — предсказание поведения природных систем, определяемое естественными процессами и воздействием на них человека. Прогнозы бывают глобальные (общепланетарные) и локальные (для небольшой территории), на ближайшее время и на 100–120 лет вперед. С учетом данных прогноза проводятся мероприятия по охране водоемов, почвы, растительности, животного мира от загрязнения, уничтожения, по сохранению видового состава. Экологическое прогнозирование — это наука будущего, но без нее уже сейчас нельзя достигнуть гармоничной взаимосвязи человеческого общества и природной среды.

Главные теории, законы и закономерности биологии

Теории

Теория возникновения жизни на Земле (А. И. Опарин, Дж. Холдейн, С. Фокс, С. Миллер, Г. Меллер). Жизнь на Земле возникла абиогенным путем.

1. Органические вещества сформировались из неорганических под действием физических факторов среды.
2. Они взаимодействовали, образуя все более сложные вещества, в результате чего возникли ферменты и самовоспроизводящиеся ферментные системы — свободные гены.
3. Свободные гены приобрели разнообразие и стали соединяться.
4. Вокруг них образовались белково-липидные мембраны.
5. Из гетеротрофных организмов развились автотрофные.

Клеточная теория (Т. Шванн, М. Шлейден, Р. Вирхов). Все живые существа — растения, животные и одноклеточные организмы — состоят из клеток и их производных. Клетка не только единица строения, но и единица развития всех живых организмов. Для всех клеток характерно сходство в химическом составе и обмене веществ. Активность организма слагается из активности и взаимодействия составляющих его самостоятельных клеточных единиц. Все живые клетки возникают из живых клеток.

Теория эволюции и естественного отбора (Ч. Дарвин). Возникнув естественным путем, виды медленно и постепенно преобразовываются и совершенствуются в соответствии с окружающими условиями в результате взаимосвязанного действия наследственной изменчивости, борьбы за существование и естественного отбора. Виды изменяются в направлении все большей приспособленности к условиям среды обитания; при этом сама приспособленность организмов не абсолютна, а носит относительный характер.

Хромосомная теория наследственности (Т. Морган). Основным материальным носителем наследственности являются хромосомы с локализованными в них генами. Гены наследственно дискретны, относительно стабильны, но при этом могут мутировать. Гены в хромосомах расположены линейно, каждый ген имеет определенное место (локус) в хромосоме. Гены, располо-

женные в одной хромосоме, образуют группу сцепления и наследуются совместно; при этом число групп сцепления равно гаплоидному набору хромосом и постоянно для каждого вида организмов. Сцепление генов может нарушаться в результате кроссинговера; частота кроссинговера прямо пропорциональна расстоянию между генами.

Синтетическая теория эволюции (С. С. Четвериков, Н. В. Тимофеев-Ресовский, Дж. Хаксли). Наименьшей, элементарной эволюционной единицей является популяция. Элементарным эволюционным событием является изменение генетического состава популяции. Основным материалом для эволюции служат мелкие мутации. Факторами эволюции (поставляющими материал) являются мутационный процесс, комбинативная изменчивость и волны численности (популяционные волны). Фактором, усиливающим генетические различия, является изоляция. Единственный направляющий фактор эволюции — естественный отбор, возникающий на основе борьбы за существование. Его действие основывается на сохранении и накоплении случайных мелких мутаций.

Законы

Биогенетический закон (Ф. Мюллер, Э. Геккель, А. Н. Северцов). Онтогенез организма есть краткое повторение зародышевых стадий предков. В онтогенезе закладываются новые пути их исторического развития — филогенеза.

Закон зародышевого сходства (К.М. Бэр). На ранних стадиях зародыши всех позвоночных сходны между собой, и более развитые формы проходят этапы развития более примитивных форм.

Закон необратимости эволюции (Л. Долло). Организм (популяция, вид) не может вернуться к прежнему состоянию, уже осуществленному в ряду его предков.

Законы наследования (Г. Мендель). *Закон единообразия*: при моногибридном скрещивании у гибридов первого поколения проявляются только доминантные признаки — оно фенотипически единообразно. *Закон расщепления*: при самоопылении гибридов первого поколения в потомстве происходит расщепление признаков в отношении 3:1, при этом образуются две фенотипические группы — доминантная и рецессивная. *Закон независи-*

мого наследования: при дигибридном скрещивании у гибридов каждая пара признаков наследуется независимо от других и дает с ними разные сочетания. Образуются четыре фенотипические группы, характеризующиеся отношением 9:3:3:1. *Гипотеза частоты гамет:* находящиеся в каждом организме пары альтернативных признаков не смешиваются и при образовании гамет по одному переходят в них в чистом виде.

Закон гомологических рядов наследственной изменчивости (Н. И. Вавилов). Виды и роды, генетически близкие, характеризуются сходными рядами наследственной изменчивости.

Закон генетического равновесия в популяциях (Г. Харди, В. Вайнберг). В неограниченно большой популяции при отсутствии факторов, изменяющих концентрацию генов, при свободном скрещивании особей, отсутствии отбора и мутирования данных генов и отсутствии миграции численные соотношения генотипов АА, аа, Аа из поколения в поколение остаются постоянными. Частоты членов пары аллельных генов в популяциях распределяются в соответствии с разложением бинома Ньютона $(pA + qa)^2$.

Закон минимума (Ю. Либих). Выносливость организма определяется самым слабым звеном в цепи его экологических потребностей, т. е. фактором минимума.

Правило взаимодействия факторов: организм способен заменить дефицитное вещество или другой действующий фактор иным функционально близким веществом или фактором.

Закон биогенной миграции атомов (В. И. Вернадский). Миграция химических элементов на земной поверхности и в биосфере в целом осуществляется или при непосредственном участии живого вещества (биогенная миграция), или же протекает в среде, геохимические особенности которой обусловлены живым веществом, как тем, которое в настоящее время составляет биосферу, так и тем, которое существовало на Земле в течение всей геологической истории.

Закономерности

Правило происхождения от неспециализированных предков (Э. Коп). Новые крупные таксоны происходят не от высших представителей предковых групп, а от сравнительно неспециализированных форм.

Правило чередования главных направлений эволюции (А. Н. Северцов). Для всех групп животных и растений свойственно чередование ароморфозов, сопровождающихся выходом группы в новую среду, и идиоадаптаций, сопровождающихся освоением новых условий среды и формированием в данной группе новых таксонов.

Правило прогрессирующей специализации (Ш. Депере). Группа, вступившая на путь специализации, как правило, в последующем филогенетическом развитии углубляет специализацию и совершенствует приспособляемость к определенным условиям жизни.

Симметрия — закономерное, правильное расположение частей тела относительно центра — радиальная симметрия (некоторые беспозвоночные животные, осевые органы растений, правильные цветки) либо относительно прямой линии (оси) или плоскости — двусторонняя симметрия (часть беспозвоночных и все позвоночные животные, у растений — листья и неправильные цветки).

Полярность — противоположность концов тела: у животных — передний (головной) и задний (хвостовой), у растений — верхний (гелиотропический) и нижний (геотропический).

Метамерность — повторение однотипных участков тела или органа; у животных — членистое тело червей, личинок моллюсков и членистоногих, грудная клетка позвоночных; у растений — узлы и междоузлия стебля.

Цикличность — повторение определенных периодов жизни; сезонная цикличность, суточная цикличность, жизненная цикличность (период от рождения до смерти). Цикличность в чередовании ядерных фаз — диплоидной и гаплоидной.

Детерминированность — предопределенность, обусловленная генотипом; закономерность, в результате которой из каждой клетки образуется определенная ткань, определенный орган, что происходит под влиянием генотипа и факторов внешней среды, в том числе и соседних клеток (индукция при формировании зародыша).

Изменчивость — способность организмов изменять свои признаки и свойства; генотипическая изменчивость наследуется, фенотипическая — не наследуется.

Наследственность — способность организмов передавать следующему поколению свои признаки и свойства, т. е. воспроизводить себе подобных.

Приспособленность — относительная целесообразность строения и функций организма, явившаяся результатом естественного отбора, устраняющего неприспособленных к данным условиям существования.

Закономерность географического распределения центров происхождения культурных растений (Н. И. Вавилов) — сосредоточение очагов формообразования культурных растений отмечается в тех районах земного шара, где наблюдается наибольшее их генетическое разнообразие.

Закономерность экологической пирамиды — соотношение между продуцентами, консументами и редуцентами, выраженное в их массе и изображенное в виде графической модели, где каждый последующий пищевой уровень составляет 10% от предыдущего.

Зональность — закономерное расположение на земном шаре природных зон, отличающихся климатом, растительностью, почвами и животным миром. Зоны бывают широтные (географические) и вертикальные (в горах).

Единство живого вещества — неразрывная молекулярно-биохимическая совокупность живого вещества (биомассы), системное целое с характерными для каждой геологической эпохи чертами. Уничтожение видов нарушает природное равновесие, что приводит к резкому изменению молекулярно-биохимических свойств живого вещества и невозможности существования многих ныне процветающих видов, в том числе и человека.

Ответы на вопросы контрольных работ

№ 1: 1) индивидуальной, соотносительной, комбинативной, 2) групповой, 3) неопределенная, 4) признаки наследуются, 5) естественный отбор, 6) организмы побеждают в борьбе за существование в данных условиях; организмы подвергаются естественному отбору, 7) польза и вред признаков относительны.

№ 2: 1) онтогенез, 2) одноклеточная стадия, бластула, гаструла; одноклеточная стадия, однородные клетки зародыша, наличие хлоропластов; 3) многоклеточность, наличие побега, цветка, плода, 4) многоклеточность, легочное дыхание, теплокровность, 5) утрата органов пищеварения, утрата глаз, лишение хлорофилла, редукция корней, 6) нет, 7) рука, лапа, крыло, ласт; клубень, луковица, корневище, 8) крыло стрекозы, крыло летучей мыши, крыло птицы; усики гороха, усики огурца.

№ 3: 1) 3,5 млрд, 2) в первичной атмосфере, 3) охлаждение атмосферы, 4) все перечисленное, 5) рост, обмен веществ, 6) все перечисленное, 7) гетеротрофный, 8) автотрофный, 9) углеводы, 10) синезеленые и зеленые водоросли.

№ 4: 1) все организмы состоят из клеток, все клетки образуются из клеток, 2) молекулы ДНК или РНК, покрытые белковой оболочкой, 3) рибосомы, 4) мезосомы, 5) в клетках бактерий, в пластидах, в митохондриях, 6) отсутствие ядерной оболочки и ядрышка, 7) паразиты, 8) бактерии, синезеленые, 9) амеба, хламидомонада, туфелька, 10) кишечнополостные, бурые водоросли.

№ 5: 1) O, C, H, N; P, S, Na, Cl, K, Ca, Fe, Mg; Zn, Cu, I, Br, Ni, Ag, 2) O, H, C, N; O, Si, Fe, Al, Mg, 3) органогены; макроэлементы; микроэлементы, 4) 80, 20, 1%, 5) все перечисленное, кроме углеводов, 6) входит в состав ДНК, РНК, АТФ, 7) все перечисленное, 8) гемоглобин; хлорофилл, 9) NaCl, 10) все перечисленное, кроме диссимиляции.

№ 6: Липиды: 1) к гидрофобным, 2) в эфире, бензине, 3) жирные кислоты, глицерин, 4) в ЭПС, 5) в мембранах, строме пластид, 6) избирательная проницаемость, 7) структурную, энергетическую, 8) у растений структура мембран, источник энергии; у животных все перечисленное, 9) 38,9 кДж.

АТФ: 1) нуклеотид, 2) азотистое основание аденин, углевод рибоза, 3 молекулы фосфорной кислоты, 3) в митохондриях, в хлоропластах; в митохондриях, 4) дыхание, 5) со световой фазой фотосинтеза, 6) органические соединения; свет, 7) на кристах; вне митохондрий, 8) 80 кДж, 40 кДж, 0.

Углеводы: 1) фотосинтеза, 2) углеводы, 3) CO_2 и H_2O, 4) $C_5H_{12}O_6$, 5) глюкоза, фруктоза, галактоза, рибоза, дезоксирибоза, 6) целлюлоза, крахмал, 7) дисахариды, полисахариды, 8) целлюлоза, крахмал; гликоген, хитин, 9) в лейкопластах; в вакуолях, 10) строительная, энергетичес-

кая, компонент нуклеотидов; энергетическая, компонент нуклеотидов, 11) 17,6 кДж.

Белки: 1) аминокислоты, 2) 20, 3) радикал; аминогруппа и карбоксильная группа, 4) пептидной, 5) в рибосомах, 6) все перечисленное, 7) для третичной, 8) все, кроме первичной, 9) ген, 10) 17,6 кДж, 11) все, кроме синтеза на рибосомах, 12) все перечисленное.

№ 7: 1) все перечисленное, 2) нуклеотид, 3) азотистое основание, остатки фосфорной кислоты, углевод, 4) углевод, 5) аденин, гуанин, тимин, цитозин, фосфорная кислота, дезоксирибоза, 6) двойную, 7) аминокислота, 8) хромосомы, 9) ген, 10) в интерфазе, 11) ДНК.

№ 8: Мембранные структуры: 1) все перечисленное, 2) из белков, липидов, углевод гликокаликс, 3) липиды, 4) биомолекулярный; все перечисленное, 5) через белковые поры; через липидный слой, 6) путем фагоцитоза, 7) ЭПС, наружная клеточная мембрана; комплекс Гольджи, лизосомы, 8) митохондрии, пластиды, 9) рибосомы, 10) наружной клеточной мембраной; у растительных клеток, 11) ЭПС.

№ 9: Рибосомы: 1) немембранное, 2) из двух, 3) в ядре, 4) в ядрышке, 5) белки, РНК, 6) в цитоплазме, на шероховатой ЭПС, в митохондриях, в пластидах, 7) синтез белков.

№ 10: Митохондрии: 1) двухмембранное, 2) кристы, 3) в матриксе, 4) кристы; вне митохондрий, 5) в матриксе, 6) осуществляется синтез АТФ, 7) окисление органических веществ до CO_2 и H_2O.

№ 11: Пластиды: 1) пластиды, 2) все, кроме пластид, 3) хлоропласты; хромопласты; лейкопласты, 4) хлоропласты, 5) к двухмембранным, 6) тилакоиды гран, тилакоиды стромы, 7) на тилакоидах гран, 8) в строме, 9) все перечисленное, 10) хлоропласты; лейкопласты; хромопласты.

№ 12: 1) эукариот, 2) ядерной оболочки, 3) пористая двухмембранная, 4) хромосомы, 5) в хромосомах, 6) да, да, да, 7) нет, 8) нет, 9) спирализованные, двухроматидные, 10) хроматиды; плечи, 11) на первичной перетяжке, 12) на вторичной перетяжке, 13) одна; несколько, 14) ядрышко, 15) все перечисленное.

№ 13: 1) создаются органические вещества, 2) выделяется энергия, 3) синтез органических веществ с поглощением энергии; распад органических веществ с выделением энергии, 4) все перечисленное, кроме дыхания, 5) синтез АТФ; с участием ферментов, 6) все перечисленное, кроме синтеза АТФ, 7) на I этапе, 8) гликолиз с образованием молочной кислоты, 9) III; так как к промежуточным продуктам присоединяется кислород, 10) на II этапе, на III этапе, на I этапе.

№ 14: 1) хлоропласты, 2) граны, 3) красные, синие, фиолетовые, 4) H_2O, 5) световой, 6) синтез, 7) темновой стадии, 8) нет, 9) все перечисленное, 10) нет, 11) гетеротрофный, 12) семенные.

№ 15: 1) рибосомы, хромосомы, 2) транскрипция, синтез тРНК, рРНК, 3) белок, 4) ген, 5) белки, РНК, 6) аминокислота, 7) 20, 8) полипептидная цепь, 9) в каналах ЭПС.

№ 16: 1) митоз, 2) митоз, 3) диплоидный, 4) две, 5) одна, 6) две, 7) мейоз, 8) профаза 1, 9) мейоз, 10) при митозе, 6, при мейозе, 3, 11) диплоидный набор гомологичных хромосом; биваленты; гаплоидный набор хромосом, 12) диплоидный набор однохроматидных хромосом; гаплоидный набор двухроматидных хромосом; гаплоидный набор однохроматидных хромосом.

№ 17: 1) половое, 2) n, n 2n, 3) яйцеклетка, 4) созревания, 5) половое, 6) ядро, 7) митоз; мейоз I; мейоз II, 8) они принимают избыточный ядерный материал при мейозе, 9) неподвижная, с большой массой цитоплазмы, 10) десятки лет.

№ 18: 1) самоопыляющийся, однолетник, с контрастными признаками, 2) 1, 3) они контрастные; они не проявляются одновременно, 4) доминантные, 5) гетерозиготой, 6) негибридные, 7) самоопыление, 8) желтый и зеленый цвет; гладкая и морщинистая поверхность, 9) в разных хромосомах, 10) в разных, 11) в разных, 12) складываются из родительских гамет, 13) а — моногибридное, по генотипу; б — моногибридное, по фенотипу; в — дигибридное, по генотипу; г — дигибридное, по фенотипу.

№ 19: 1) о синтезе молекулы белка, 2) в хромосоме, 3) ДНК, 4) ген, 5) два, 6) аллельными, 7) противоположные; в аллельных, 8) генотипа, 9) фенотип, 10) фенотип, 11) нерасхождение хромосом.

№ 20: 1) возникает внезапно в ДНК или в хромосомах, 2) мутационной, 3) генотип, 4) генотипа, 5) мутационной, 6) в хромосомах, в молекуле ДНК, в одной паре нуклеотидов, 7) в гомозиготном организме, 8) увеличение изменчивости, 9) от генотипа и окружающей среды, 10) окружающей средой и генотипом, 11) модификационной, 12) качественные; количественные, 13) движущий, стабилизирующий.

№ 21: 1) половое; все перечисленное, 2) индивидуальный, 3) при близкородственных, 4) получение чистой породы; усиление доминантности признака, 5) увеличение продуктивности гибрида, получение новой породы или сорта, 6) вегетативно; не размножаются, 7) растения, 8) нет, 9) усиление доминантности признака, 10) нет, 11) все перечисленное.

№ 22: 1) доклеточные формы жизни, 2) нуклеиновые кислоты, белки, 3) только в клетке хозяина, 4) нуклеиновая кислота, 5) нуклеиновую кислоту одного из двух типов, 6) на рибосомах клетки, 7) корь, грипп, краснуха, СПИД, бешенство.

№ 23: 1) одноклеточное, колониальное, 2) цитоплазма, рибосомы, 3) сапротрофно, 4) азотобактерии, серобактерии, 5) вегетативное, 6) бескислородное, 7) гниения, 8) клубеньковые бактерии, 9) хемотрофные, 10) все, кроме высокого совершенства организации, 11) наиболее примитивные.

№ 24: 1) ядро, цитоплазма, митохондрии, 2) все, кроме доклеточного, 3) сапротрофный, паразитический, 4) плесени, 5) нет, 6) шляпка, ножка, 7) сыроежка, 8) подберезовик, 9) нет корней нужных деревьев, 10) рожки, 11) на соцветии злака, 12) все, 13) все.

№ 25: 1) фототрофный, 2) ядро, цитоплазма, хроматофоры, митохондрии, 3) приспособление к фотосинтезу, 4) хроматофоры, 5) многоклеточное, 6) тело, не разделенное на органы и ткани, 7) все, 8) хлорелла.

№ 26: 1) зеленые водоросли, синезеленые, грибы сапротрофы, 2) углеводы, 3) воду, минеральные соли, 4) первыми поселяются на минеральном субстрате, 5) накипное, кустистое, листоватое, 6) вегетативный, 7) 1 см в год, 8) все, 9) растут только в незагазованном воздухе.

№ 27: 1) листостебельное, 2) наличие тканей, органов, 3) фототрофный, 4) ядро, цитоплазма, хлоропласты, митохондрии, 5) заросток (гаметофит), 6) бесполое поколение со спорангиями, 7) на одном растении, 8) из споры, 9) из зиготы, 10) он сам задерживает влагу, он не гниет в толще отложений, 11) лист; колосок; колосок, 12) вода, 13) плауна.

№ 28: 1) из спорангия, 2) на чешуях шишки, 3) споры, женский заросток, 4) пыльца, 5) ветром, 6) 1 год, 7) пыльцевой трубкой, 8) один, 9) семя, 10) из зиготы, 11) диплоидный; гаплоидный, 12) все, кроме получения смолы.

№ 29: 1) из меристематических, 2) к образовательным, 3) прокамбий; камбий, феллоген, 4) митоз, 5) эпидерма, перидерма, 6) воду; сахара, 7) сосуды, древесные волокна, древесная паренхима, 8) ситовидные трубки, лубяные волокна, лубяная паренхима, 9) лубяные волокна, древесные волокна, 10) основная.

№ 30: 1) главный, 2) придаточный, 3) голосеменные, покрытосеменные двудольные, 4) мочковатая, 5) зона деления, 6) отсутствие проводящих тканей, 7) проводящие, 8) сосуды, 9) ситовидные трубки, 10) все.

№ 31: 1) почка зародыша семени, 2) двудольные растения, 3) древесные стебли, 4) сосуды, 5) ситовидные трубки, 6) 1, 7) 10, 8) верхушечная почка, 9) побег, 10) придаточные.

№ 32: 1) листовая пластинка, листовое влагалище, 2) двудольные, 3) нет, 4) лист, 5) кожица, ассимиляционная ткань, проводящая ткань, 6) проведение веществ, опора мякоти листа, 7) сухопутные, 8) закрыты, 9) обращенной к солнцу, 10) ассимиляция углеводов, выделение O_2.

№ 33: 1) чашечка, венчик, 2) привлекает насекомых, защищает внутренние части, 3) вегетативная клетка и генеративная клетка, 4) два, 5) яйцеклетка, центральная клетка, 6) семя, 7) завязь, 8) боб, 9) триплоидный, 10) початок кукурузы, 11) конопля.

№ 34: 1) покрытосеменные, 2) голосеменные, покрытосеменные, 3) из семязачатка, 4) двойное, 5) зародышевый мешок, 6) пылинка, 7) из центральной клетки + спермий, 8) из завязи.

№ 35: 1) двудольные, 2) корни придаточные, мочковатые, число частей цветка кратно трем, 3) бобовые, пасленовые, лилейные, 4) сложноцветные, злаковые; пасленовые и лилейные; пасленовые и лилейные; крестоцветные; розоцветные; бобовые, 5) сложноцветные, 6) 3 и более; 2; 1, 7) метелка; сложный колос, 8) однодомным.

№ 36: 1) 2n, 2) 2n, 3) митоз; в интерфазе отсутствуют g_1 и g_2 — периоды, 4) бластула, 5) имеет кишечную полость, 6) мезодерма, 7) мезодерма, 8) энтодерма, 9) эктодерма.

№ 37: 1) ресничное, жгутиковое, амебоидное, 2) механические, химические, световые, 3) все, 4) наличие рта, ресничек, двух ядер, 5) полупроницаемость, 6) лизосомы, 7) митохондрии, 8) все, кроме синтеза белка, 9) бесполый; митоз, 10) несет наследственную информацию, участвует в половом процессе, 11) из зиготы, 12) обмен наследственной информацией, 13) все, кроме эвглены и инфузории-туфельки.

№ 38: 1) гаструла, 2) энтодерма, 3) эктодерма, 4) зообентос, 5) в митохондриях клеток, 6) все, 7) всей поверхностью тела, 8) в митохондриях клеток, 9) через ротовое отверстие, 10) восстановление поврежденных частей тела, 11) чужие.

№ 39: 1) двусторонняя, 2) мезодерма, 3) запасание воды и питательных веществ, 4) нет, 5) через рот, 6) выделительные трубочки, 7) финна, 8) яйца, 9) дегенерация, 10) бескислородный, 11) головка с четырьмя присосками, шея, 12) личинка, 13) нервные стволы.

№ 40: 1) продольные мышцы, 2) первичная, 3) внешний скелет, 4) бескислородное, 5) анус, 6) выделительные каналы (протонефридии) 7) нервные стволы, 8) яичники, 9) полостная жидкость.

№ 41: 1) эпителием, 2) мезодерма, 3) все, кроме кишечника, 4) в хвостовом членике, 5) жидкостью, 6) все, 7) метанефридии, 8) от окологлоточного нервного кольца, 9) через тканевую жидкость, 10) в митохондриях клеток, 11) партнера.

№ 42: 1) сегментация тела, 2) прикрепление мышц, наружный скелет, защита, 3) брюхоногие, 4) язык с зубчиками, печень, 5) незамкнутая, 6) в почке, 7) в жабрах, в клетках тела, 8) в легких, в клетках тела, 9) головоногие, 10) двустворчатые, 11) головоногие, двустворчатые, 12) брюхоногие.

№ 43: 1) кольчатые черви, 2) смешанная, 3) хитином, 4) головогрудь, брюшко, конечности, 5) 5, 6) пятиугольный мешочек, 7) голова, 8) все, кроме органа слуха, 9) выметывание икры, 10) на брюшных ножках матери.

№ 44: 1) головогрудь, брюшко, конечности, 2) 4, 3) ногочелюсти, 4) сосательный, 5) бесцветная, 6) незамкнутая, 7) все, 8) трахеи, легкие, 9) четыре, 10) все.

№ 45: 1) голова, грудь брюшко, конечности, крылья, 2) грудь, 3) 3, 4) к хитиновому покрову, 5) трубка, 6) не разносит кислород, 7) прямым контактом, 8) все, 9) в кишке, 10) очистка крови, 11) дыхальца на последнем членике брюшка, 12) n, 13) тутовый шелкопряд, 14) кроме куколки, 15) все.

№ 46: 1) эластичный тяж, 2) энтодерма, 3) мезодерма, 4) полая трубка, 5) вторичная, 6) вторичный, 7) замкнутая, 8) в глотке, 9) печень,

10) зрение, осязание, 11) внутренний скелет, нервная трубка, 12) соединительная, 13) мезодерма.

№ 47: 1) голова, туловище, хвост, 2) грудной, брюшной, 3) грудные, брюшные, 4) печень, 5) пищеварительной, 6) кроме органа пищеварения и равновесия, 7) увеличение площади поверхности, фильтр, 8) венозная, 9) один, 10) 20, 11) почки, жабры, 12) костные, 13) кистеперые, 14) угорь, горбуша.

№ 48: 1) шейный, туловищный, крестцовый, хвостовой, 2) да, 3) нет, 4) кроме жаберных, 5) кость предплечья, 6) кость голени, 7) двенадцатиперстная кишка, 8) левое предсердие, правое предсердие, желудочек, 9) артериальная, 10) собирает мочу, 11) передний, 12) наличие боковой линии, хвост, жабры, хорда.

№ 49: 1) голова, шея, туловище, конечности, хвост, 2) локтевая, лучевая, 3) большая берцовая, малая берцовая, 4) 5, 5) все, 6) мочеточники, половые железы, кишечник, 7) легкие, 8) крокодилы, 9) 3, 10) венозную, 11) артериальную, 12) смешанная, 13) тепло, 14) живорождение, 15) сливаются в спинную аорту.

№ 50: 1) двуногохождение, перьевой покров, крылья, клюв, 2) линька, сухая кожа, роговые чешуи, размножение яйцами, 3) все, кроме размножения яйцами, 4) зоб, мускульный желудок, 5) положение внутренних органов, вестибулярный аппарат, 6) смесь каловых масс с мочой, 7) артерии, 8) вены, 9) легочная артерия, легочная вена, 10) венозная, 11) 400, 12) бронхи, 13) все, 14) голуби, дятлы, орлы, 15) все.

№ 51: 1) все, 2) наличие сосков, степень сформированности рождающегося детеныша, 3) все, 4) матка, 5) соединяет кровеносную систему зародыша с материнской, 6) один, 7) проявлением конвергенции, 8) 7, 9) псовые, копытные, 10) фалангоходящих, 11) рубец, толстая кишка, слепая кишка, 12) растительноядные, 13) все, 14) грызуны, 15) киты, дельфины, 16) глотка не соединена с гортанью.

№ 52: 1) на уровне ароморфоза, 2) протерозой, 3) протерозой, 4) палеозойская эра, 5) каменноугольный период, 6) силур, 7) от каменноугольного до юры, 8) голосеменные растения, животные, 9) от триаса до палеогена, 10) неоген, 11) антропоген, 12) палеозойская.

№ 53: 1) эпителиальная, 2) кубический, 3) многослойный, 4) мышечная, 5) нервная, 6) соединительная, 7) сердечная мышечная, 8) кровь, 9) хрящевая, костная, 10) содержит эритроциты; транспортирует газы, 11) нервная, мышечная.

№ 54: 1) управление движениями, 2) сердце, желудок, сосуды, почки, 3) нервные клетки, отростки, 4) 1400 г, 5) окончание центростремительного нерва, 6) рецептор, центростремительный нейрон, 7) рецептор, центростремительный нейрон, серое вещество спинного мозга, вставочный нейрон, центробежный нейрон, 8) 12, 9) черепно-мозговые,

10) симпатических, 11) железы внутренней секреции, 12) органы чувств, 13) промежуточный мозг, 14) продолговатый мозг, 15) крестцовый, 16) гипоталамус.

№ 55: 1) в кровяное русло, 2) все, 3) гормоны, центральная нервная система, 4) йод, 5) микседема, кретинизм, 6) гипофиз, 7) гипофиз, 8) вегетативная нервная система, гормоны гипофиза и гипоталамуса, 9) сам организм, 10) да.

№ 56: 1) лопатка, височная, тазовые, 2) бедренные, локтевые, берцовые, 3) губчатые, плоские, 4) $^1/_3$, 5) промежуток между головкой и телом, 6) подвижно, 7) шаровое, 8) 10; 2, 9) красный костный мозг, 10) 200.

№ 57: 1) гладкие, 2) поперечнополосатая, 3) поперчнополосатые, 4) веретеновидную, лентовидную, круговую, 5) затылочные, спинные, ягодичные, икроножные, 6) трехглавая, двуглавая, 7) двуглавая, 8) вегетативной нервной системы и эндокринной системы, 9) спинной, головной мозг, соматическая нервная система, 10) центростремительного, 11) все, 12) все, кроме числа мышечных волокон, 13) нет.

№ 58: 1) 7, 2) 60, 3) сыворотка, фибриноген, 4) в красном костном мозге, 5) в селезенке, 6) в красном костном мозге, в лимфатических узлах, в селезенке, 7) лейкоциты, 8) тромбоциты, 9) все, 10) все, 11) тканевая жидкость, 12) система слепо заканчивается

№ 59: 1) левый желудочек, правое предсердие, 2) правый желудочек, левое предсердие, 3) в легких, 4) все, 5) тканевая жидкость, 6) стенки толстые, давление высокое, клапанов нет, ветвятся на капилляры, 7) в полые вены, 8) поперечнополосатой, непроизвольно, 9) гормонами, вегетативной нервной системой, 10) артериальная.

№ 60: 1) в продолговатом мозге, 2) сознания, концентрации CO_2 в крови, вегетативная нервная система, 3) диафрагма, межреберные, брюшные, 4) энтодерма, 5) пищеварительной, 6) разница концентрации, 7) в митохондриях клеток, 8) выведение CO_2, окисление питательных веществ, освобождение энергии, синтез АТФ, 9) по сосудам малого круга, через сердце, по сосудам большого круга, 10) в водорастворимом, 11) все.

№ 61: 1) углеводы, 2) белки, 3) щелочная, жиры, 4) печень, 5) жиры, 6) толстая кишка, в кровяное русло, 7) толстой кишке, 8) все, 9) трипсин, липазу, амилазу, 10) малая, 11) гастрин, 12) толстая кишка, утилизаторы клетчатки, производители витаминов.

№ 62: 1) углеводы, 2) все, кроме кислорода, 3) образование аминокислот и жирных кислот, 4) белки человеческие, 5) в эритроцитах, 6) в митохондриях, 7) в пластидах, 8) углеводы, жиры, 9) гипоталамус, 10) все, кроме диссимиляции, 11) они не синтезируются самим организмом, 12) углеводы, жиры, белки.

№ 63: 1) водорастворимые, жирорастворимые, 2) K, B_2, B_6, H, 3) C, 4) B_1, A, 5) U, 6) холин, 7) A, 8) P, 9) A, D, 10) D, 11) B_{12}, 12) C.

№ 64: 1) мезодерма, 2) нефронам, 3) в нефронах, 4) вода, сахар, мочевина, соли, 5) вода, сахар, 6) наличие щелей, 7) в коре, 8) гладкие мышцы, эпителий, паренхима, волокнистая соединительная ткань, 9) почки, легкие, кожа, 10) выведение воды, солей, мочевины, CO_2.

№ 65: 1) все, 2) мертвый ороговевший слой, живые делящиеся клетки, 3) собственно кожа, 4) очистка крови, 5) все, 6) в теменной доле, 7) нос, губы, 8) дерма.

№ 66: 1) роговицей, 2) стекловидное тело, 3) сетчатка, 4) в затылочной доле, 5) подвижно, 6) жидкостью, 7) мембрана, жидкость, 8) улитка, три полукружных канала, отолитовый аппарат, 9) мозжечок, большие полушария, 10) все.

№ 67: 1) безусловные, 2) безусловные, 3) в коре больших полушарий, 4) спинной мозг, ствол головного мозга, 5) навыки, привычки, 6) условным, 7) безусловных, 8) внешнее торможение, 9) внутреннее, 10) не владеют речью.

№ 68: 1) половой, 2) сперматозоиды, 3) в зоне созревания, 4) n, n, 5) одну, 6) 23, 7) гомологичные, 8) играет роль все перечисленное, 9) впадает в правое предсердие; артериальную, 10) дыхательный, сосательный, 11) 3 года; 10 лет.

№ 69: 1) проплиопитеки, 2) дриопитеки, 3) древнейшие, 4) неандертальцы, 5) кроманьонцы, 6) прямохождение, мышление, строение руки, освобождение передних конечностей, 7) общество, 8) речь, мышление, коллективный труд, 9) первые, 10) неандертальцы, 11) неандерталец, 12) новые люди.

№ 70: 1) абиотические, 2) биотические, 3) абиотические, биотические, 4) мезозойская, 5) все перечисленное, 6) все перечисленное, 7) длина дня, 8) жиры; белки, жиры, углеводы, 9) длиннодневным, 10) продуценты, 11) пища; вода, 12) 10%.

Проверочные подписи к рисункам

Рис. 1. Схема строения растительной клетки:

1 — цитоплазма, *2* — гладкая эндоплазматическая сеть, *3* — гранулярная эндоплазматическая сеть, *4* — свободные рибосомы, *5* — аппарат Гольджи, *6* — хлоропласт, *7* — лейкопласт, *8* — митохондрия, *9* — ядро, *10* — ядрышко, *11* — ядерная оболочка, *12* — ламеллы хлоропласта (тилакоиды стромы), *13* — ядерный сок, *14* — хроматин (деспирализованные хромосомы), *15* — клеточная стенка, *16* — поры в клеточной стенке, через которые проходят каналы ЭПС — плазмодесмы, *17* — межклеточное пространство, *18* — наружная клеточная мембрана (плазмалемма), *19* — вакуоль, *20* — лизосома, *21* — пора в ядерной оболочке, *22* — грана хлоропласта, *23* — строма

Рис. 2. Схема строения животной клетки:

1 — цитоплазма, *2* — гладкая эндоплазматическая сеть, *3* — гранулярная эндоплазматическая сеть, *4* — свободные рибосомы, *5* — клеточный центр, *6* — ап-

парат Гольджи, *7* — лизосома, *8* — митохондрии, *9* — хроматин, *10* — ядрышко, *11* — ядерная оболочка, *12* — ядерный сок, *13* — пиноцитозный пузырек, *14* — сократительная вакуоль, *15* — наружная клеточная мембрана

Рис. 5. Строение хромосомы:

1 — первичная перетяжка с центромерой, *2* — два плеча, *3* — две хроматиды, *4* — вторичная перетяжка, *5* — спутник хромосомы, *6* — белок (нуклеопротеид), *7* — хромонемы (содержащие ДНК)

Рис. 6. Митотический цикл:

М — митоз, *П* — профаза, *Мф* — метафаза, *А* — анафаза, *Т* — телофаза, g_1 — пресинтетический период, *S* — синтетический период, g_2 — постсинтетический период

Рис. 8. Схема гаметогенеза. *А* — овогенез и *Б* — сперматогенез: *I* — зона размножения, *II* — зона роста, *III* — зона созревания:

1 — первичные половые клетки, *2* — овоцит, *3* — яйцеклетка, *4* — направительные тельца, *5* — сперматоцит, *6* — сперматозоид, *7* — зигота, *8* — овотида, *9* — сперматида

Рис. 22. Схема строения растения:

1 — главный корень, *2* — боковой корень, *3* — подсемядольное колено, *4* — семядольный лист, *5* — междоузлия главного стебля, *6* — узел, *7* — лист, *8* — боковая пазушная почка, *9* — верхушечная почка

Рис. 23. Продольный разрез корня:

1 — зона роста, *2* — зона растяжения, *3* — зона корневых волосков (зона всасывания), *4* — зона проведения, *5* — корневой чехлик, *6* — кожица корня с корневыми волосками, *7* — кора корня, *8* — центральный цилиндр корня

Рис. 24. Поперечный срез корня:

1 — корневой волосок, *2* — кожица корня, *3* — кора корня, *4* — центральный цилиндр, *5* — сосуды древесины, *6* — ситовидные трубки луба

Рис. 27. Строение листовой почки:

1 — почечные чешуевидные листья, *2* — зеленые листья, *3* — конус нарастания стебля, *4* — стебель

Рис. 28. Строение цветочной почки:

1 — стебель, *2* — почечные чешуевидные листья, *3* — зеленые листья, *4* — соцветие

Рис. 32. Внутреннее строение стебля дерева на поперечном срезе:

1 — пробка, *2* — живые клетки наружного слоя коры, *3* — лубяные волокна, *4* — ситовидные трубки луба, *5* — камбий, *6* — сосуды древесины, *7* — годичные кольца древесины, *8* — сердцевина, *9* — кора, *10* — древесина

Рис. 33. Корневищное растение хвощ полевой:

1 — корневище, *2* — надземный побег, *3* — придаточные корни, *4* — междоузлие, *5* — узел, *6* — чешуевидный лист с пазушной почкой

Рис. 34. Луковица лука:

1 — донце, *2* — придаточные корни, *3* — сухой чешуевидный лист, *4* — сочный чешуевидный лист, *5* — боковая пазушная почка, *6* — верхушечная почка

Рис. 35. Клубень картофеля:

1 — прорастающая верхушечная почка, *2* — боковая пазушная почка, *3* — покровная ткань — пробка, *4* — стебель — столон

Рис. 36. Клубнелуковица гладиолуса:

1 — придаточные корни, 2 — укороченный стебель, *3* — сухие кроющие чешуевидные листья, *4* — пазушные почки, *5* — верхушечная цветочная почка, *6* — зачаточные листья генеративного побега

Рис. 37. Простой лист:
1 — прилистники, *2* — черешок, *3* — листовая пластинка, *4* — боковые жилки, *5* — главная жилка (проводящий пучок), *6* — верхушка листа, *7* — выемчатый край, *8* — основание листа

Рис. 38. Сложный лист:
1 — прилистники, *2* — листочки, *3* — усики, *4* — ось листа (рахис)

Рис. 42. Строение листа на поперечном срезе:
1 — верхняя кожица, *2* — столбчатая ткань, *3* — губчатая ткань, *4* — нижняя кожица, *5* — устьице, *6* — луб, *7* — древесина, *8* — главная жилка (сосудисто-волокнистый проводящий пучок)

Рис. 43. Устьице:
1 — замыкающие клетки устьица, *2* — щель устьица, *3* — хлоропласты, *4* — прилегающие клетки кожицы листа (основная эпидерма), *5* — утолщенная клеточная стенка, *6* — тонкая клеточная стенка

Рис. 44. Схема строения цветка:
1 — цветоножка, *2* — цветоложе, *3* — чашелистики, *4* — лепестки венчика, *5* — двойной околоцветник, *6* — пестик, *7* — тычиночная нить, *8* — пыльник, *9* — тычинка

Рис. 46. Строение пестика и семязачатка цветка:
1 — рыльце, *2* — столбик, *3* — завязь, *4* — гнездо завязи, *5* — семязачаток, *6* — семяножка, *7* — зародышевый мешок

Рис. 47. Строение (*А*) и прорастание (*Б*) пыльцевого зерна:
1 — вегетативная клетка, *2* — генеративная клетка, *3* — два спермия, *4* — пыльцевая трубка, *5* — экзина, *6* — интина

Рис. 48. Процесс двойного оплодотворения и образование семени:
1 — пыльцевход, *2* — покров семязачатка, *3* — зародышевый мешок, *4* — образующаяся из двух ядер центральная клетка, *5* — яйцеклетка со спутницами, *6* — два спермия, *7* — кожура семени, *8* — эндосперм семени, *9* — зародыш семени, *10* — семядольные листья, *11* — почка, *12* — стебелек, *13* — корешок

Рис. 65. Стадии эмбрионального развития ланцетника:
А — гаструла: *1* — эктодерма, *2* — энтодерма, *3* — кишечная полость, *4* — первичное ротовое отверстие; *Б* — нейрула: *1* — эктодерма, *2* — мезодерма, *3* — энтодерма, *4* — кишечная полость, *5* — вторичная полость тела, *6* — хорда, *7* — нервная пластинка

Рис. 67. Пресноводная амеба:
1 — ложная ножка, *2* — ядро, *3* — цитоплазма, *4* — фагоцитоз и образование пищеварительной вакуоли, *5* — сократительная вакуоль, *6* — наружная клеточная мембрана

Рис. 68. Инфузория-туфелька:
1 — клеточное ротовое отверстие, *2* — порошица, *3* — ресничка, *4* — малое ядро, *5* — большое ядро, *6* — цитоплазма, *7* — пищеварительная вакуоль, *8* — сократительная вакуоль

Рис. 70. Пресноводный полип — гидра:
1 — ротовое отверстие, *2* — кишечная полость, *3* — эктодерма, *4* — энтодерма, *5* — мезоглея, *6* — бугорок со сперматозоидами, *7* — бугорок с яйцеклеткой, *8* — стрекательная клетка, *9* — нервная клетка, *10* — «почка», *11* — щупальце, *12* — подошва

Рис. 74. Самка аскариды — продольный разрез:
1 — рот с тремя губами, *2* — окологлоточное нервное кольцо, *3* — пищевод, *4* — кишечник, *5* — заднепроходное отверстие (анус), *6* — яичник, *7* — кожно-мускульный мешок

Рис. 75. Самка аскариды — поперечный срез:

1 — кутикула, *2* — гиподерма, *3* — два выделительных канала, *4* — продольные мышцы, *5* — брюшной нервный ствол, *6* — первичная полость тела, *7* — полость кишечника, *8* — яичник, *9* — матка с яйцами, *10* — кишечник, *11* — спинной нервный ствол

Рис. 76. Дождевой червь:

А — продольный разрез: *1* — рот, *2* — глотка, *3* — пищевод, *4* — зоб, *5* — желудок, *6* — анус, *7* — «сердца», *8* — спинной кровеносный сосуд, *9* — брюшной кровеносный сосуд, *10* — кишечник, *11* — продольные мышцы, *12* — членики тела, *13* — окологлоточное нервное кольцо, *14* — брюшная нервная цепочка, *15* — семенные пузырьки, *16* — семяприемники, *17* — кольцевые мышцы; *Б* — поперечный срез: *1* — кутикула, *2* — эпидермис (кожа), *3* — кольцевые мышцы, *4* — продольные мышцы, *5* — выстилающий эпителий, 6 — вторичная полость тела, *7* — полость кишечника, *8* — эпителий, покрывающий кишечник, *9* — стенка кишечника, *10* — спинной кровеносный сосуд, *11* — брюшной кровеносный сосуд, *12* — брюшная нервная цепочка, *13* — выделительная трубочка (метанефридий), *14* — щетинки

Рис. 77. Улитка прудовик большой:

1 — рот, *2* — язык с зубчиками, *3* — глотка, *4* — пищевод, *5* — желудок, *6* — петлеобразная кишка, *7* — анус, *8* — легкое, *9* — предсердие, *10* — желудочек, *11* — сердце, *12* — щупальце, *13* — нога, *14* — печень, *15* — артериальная кровь, *16* — венозная кровь, *17* — аорта, *18* — глаз

Рис. 78. Схема внутреннего строения беззубки:

1 — рот, *2* — пищевод, *3* — желудок, *4* — средняя кишка, *5* — прямая кишка, *6* — анальное отверстие, *7* — печень, *8* — протоки печени, *9* — ротовые лопасти, *10* — околосердечная сумка, *11* — желудочек сердца, *12* — предсердие, *13* — передняя аорта, *14* — задняя аорта, *15* — почка, *16* — половая железа, *17* — жабра, *18* — нога, *19* — передний мускул-замыкатель, *20* — задний мускул-замыкатель, *21* — клоака, *22* — мантийная складка, *23* — вводной сифон, *24* — выводной сифон

Рис. 79. Речной рак:

1 — головогрудь, *2* — брюшко, *3* — хвостовой плавник, *4* — брюшные ножки, *5* — ходильные конечности, *6* — клешни, *7* — короткие усики, *8* — длинные усики

Рис. 80. Внутреннее строение речного рака:

1 — антенны, *2* — антеннулы, *3* — сложный глаз на стебельке, *4* — зеленая железа, *5* — надглоточный нервный узел, *6* — желудок, *7* — сердце, *8* — хвостовая артерия, *9* — половая железа, *10* — брюшная нервная цепочка, *11* — хвостовая лопасть, *12* — анальное отверстие, *13* — кишка

Рис. 81. Паук-крестовик:

1 — головогрудь, *2* — брюшко, *3* — ходильные ноги, *4* — ногощупальца

Рис. 82. Внутреннее строение паука:

1 — простые глаза (две пары), *2* — ядовитая железа, *3* — проток ядовитой железы в коготке верхней челюсти (хелицеры), *4* — ротовое отверстие, *5* — желудок, *6* — сердце, *7* — легочный мешок, *8* — половая железа, *9* — паутинные бородавки, *10* — трахеи, *11* — паутинная железа с протоком, *12* — отростки сосательного желудка, *13* — печень, *14* — клоака, *15* — отверстие половой железы, *16* — передний отдел нервной системы узлового типа, *17* — хелицеры, *18* — анус, *19* — мальпигиевы сосуды

Рис. 83. Жук майский:

1 — усики, *2* — голова, *3* — глаза, *4* — надкрылья, *5* — конечности, *6* — брюшко, *7* — грудь, *8* — ходильные ноги

Рис. 84. Сердце насекомого:
1 — аорта, *2* — мышцы, *3* — поры, *4* — трубка сердца

Рис. 85. Внутреннее строение насекомого:
1 — сложный глаз, *2* — простые глазки, *3* — мозг, *4* — слюнная железа, *5* — передняя кишка, *6* — яичник, *7* — сердце, *8* — задняя кишка, *9* — анальное отверстие, *10* — антенны, *11* — верхняя губа, *12* — верхняя челюсть, *13–14* — первая и вторая нижние челюсти, *15* — подглоточный нервный узел, *16* — брюшная нервная цепочка, *17–21* — части ноги: *17* — тазик, *18* — вертлуг, *19* — бедро, *20* — голень, *21* — лапка; *22* — средняя кишка, *23* — мальпигиевы сосуды, *24* — семяприемник, *25* — выводной канал яичника

Рис. 86. Ланцетник:
1 — рот со щупальцами, *2* — глотка с жаберными щелями, *3* — печень, *4* — кишка, *5* — анус, *6* — мышцы, *7* — хорда, *8* — нервная трубка

Рис. 88. Строение костистой рыбы:
1 — жабры, *2* — передние кардинальные вены, *3* — кювьеров проток, *4* — задняя кардинальная вена, *5* — спинная аорта, *6* — туловищная почка, *7* — плавательный пузырь, *8* — мочевой пузырь, *9* — мочевое отверстие, *10* — половое отверстие, *11* — анус, *12* — яичник, *13* — селезенка, *14* — кишка, *15* — желудок, *16* — пилорические выросты желудка, *17* — печень, *18* — желчный пузырь, *19* — венозный синус, *20* — сердце, *21* — луковица аорты, *22* — брюшная аорта

Рис. 89. Схема кровеносной системы рыбы:
1 — артерия, *2* — желудочек, *3* — предсердие, *4* — вена

Рис. 93. Мозг рыбы:
1 — передний мозг, *2* — средний мозг, *3* — промежуточный мозг, *4* — продолговатый мозг, *5* — мозжечок, *6* — обонятельный нерв, *7* — зрительный нерв, *8* — спинной мозг

Рис. 94. Скелет лягушки:
1 — кости черепа, *2* — лопатка, *3* — позвоночник, *4* — хвостовая кость, *5* — тазовые кости, *6* — бедренная кость, *7* — кости стопы, *8* — кость голени, *9* — ключица (скрыта вороньей костью), *10* — плечевая кость, *11* — кость предплечья, *12* — кости кисти, *13* — воронья кость, *14* — фаланги пальцев, *15* — плюсна, *16* — пяточная кость, *17* — таранная кость, *18* — грудина

Рис. 96. Мозг лягушки:
1 — передний мозг, *2* — промежуточный мозг, *3* — средний мозг, *4* — мозжечок, *5* — спинной мозг, *6* — обонятельные нервы, *7* — продолговатый мозг, *8* — обонятельная доля

Рис. 97. Схема строения ящерицы:
1 — рот, *2* — глотка, *3* — пищевод, *4* — желудок, *5* — печень с желчным пузырем, *6* — поджелудочная железа, *7* — кишечник, *8* — клоака, *9* — сердце, *10* — легкое, *11* — тазовая почка, *12* — мочевой пузырь, *13* — половая железа, *14* — головной мозг, *15* — спинной мозг, заключенный в позвоночный канал

Рис. 99. Головной мозг ящерицы:
1 — передний мозг, *2* — промежуточный мозг, *3* — средний мозг, *4* — мозжечок, *5* — продолговатый мозг, *6* — зрительный нерв, *7* — гипофиз, *8* — обонятельные доли

Рис. 102. Круги кровообращения:
1 — левое предсердие, *2* — левый желудочек, *3* — артерия, *4* — вена, *5* — венозная кровь, *6* — правое предсердие, *7* — правый желудочек, *8* — легочная артерия, *9* — легочная вена, *10* — артериальная кровь, *11* — газообмен в легких

Рис. 103. Мозг птицы:

1 — полушария переднего мозга, *2* — промежуточный мозг, *3* — средний мозг, *4* — мозжечок, *5* — продолговатый мозг, *6* — обонятельные доли

Рис. 116. Строение длинной трубчатой кости:

1 — головка (эпифиз), *2* — ямка, *3* — хрящ, *4* — красный костный мозг, *5* — надкостница, *6* — костная ткань тела кости, *7* — желтый костный мозг, *8* — зона роста (метафиз), *9* — тело кости (диафиз)

Рис. 117. Строение сустава:

1 — ямка трубчатой кости, *2* — головка, *3* — хрящ, *4* — суставная жидкость, *5* — суставная сумка, *6* — надкостница

Рис. 118. Скелет человека:

1 — череп, *2* — ключица, *3* — лопатка, *4* — грудная клетка, *5* — плечевая кость, *6* — ребра, *7* — позвоночник (поясничный отдел), *8* — кости таза (подвздошная кость), *9* — кости предплечья (локтевая и лучевая), *10* — кости кисти, *11* — бедренная кость, *12* — кости голени (большая и малая берцовые кости), *13* — кости стопы, *14* — голеностопный сустав, *15* — коленный сустав, *16* — тазобедренный сустав, *17* — локтевой сустав, *18* — плечевой сустав, *19* — лучезапястный сустав, *20* — грудина, *21* — шейный отдел позвоночника, *22* — грудной отдел позвоночника, *23* — крестцовый отдел позвоночника, *24* — лобковые кости, *25* — седалищные кости

Рис. 124. Рефлекторная дуга:

1 — серое вещество спинного мозга, *2* — белое вещество спинного мозга, *3* — спинномозговой канал, *4* — передний корешок нерва, *5* — задний корешок нерва, *6* — синапс (соединение нейронов), *7* — волокно центростремительного (чувствительного) нейрона, *8* — волокно центробежного (двигательного) нейрона, *9* — тело чувствительного нейрона, *10* — вставочный нейрон, *11* — тело двигательного нейрона, *12* — скелетная мышца, *13* — кожный рецептор, *14* — передние рога, *15* — задние рога

Рис. 125. Схема прикрепления мышц плеча:

1 — локтевой сустав, *2* — плечевой сустав, *3* — тело мышцы, *4* — два сухожилия двуглавой мышцы, *5* — трехглавая мышца

Рис. 126. Внутренняя среда организма:

1 — клетки крови, *2* — капилляр, *3* — клетки тканей, *4* — тканевая жидкость, *5* — начало лимфатических капилляров

Рис. 130. Схема строения дыхательных путей:

1 — носовая полость, *2* — мягкое нёбо, *3* — гортань, *4* — трахея, *5* — левый главный бронх, *6* — бронхиола, *7* — альвеолы, *8* — диафрагма, *9* — пристенная плевра, *10* — легочная плевра, *11* — три доли правого легкого, *12* — сердечная вырезка, *13* — верхушка легкого, *14* — корень легкого, *15* — язык

Рис. 131. Схема газообмена в организме:

1 — тканевая жидкость, *2* — капилляр с венозной кровью, *3* — капилляр с венозной кровью в альвеолах легких, *4* — капилляр с артериальной кровью в альвеолах легких, *5* — капилляр с артериальной кровью в тканях тела

Рис. 134. Схема строения пищеварительной системы:

1 — рот, *2* — глотка, *3* — пищевод, *4* — желудок, *5* — поджелудочная железа, *6* — печень, *7* — желчный проток, *8* — желчный пузырь, *9* — двенадцатиперстная кишка, *10* — толстая кишка, *11* — тонкий кишечник (тощая кишка), *12* — прямая кишка, *13* — подъязычная слюнная железа, *14* — подчелюстная железа, *15* — околоушная слюнная железа, *16* — аппендикс, *17* — заднепроходный сфинктер, *18* — подвздошная тонкая кишка, *19* — восходящая ободочная киш-

ка, *20* — поперечная ободочная кишка, *21* — нисходящая ободочная кишка, *22* — малая кривизна желудка, *23* — большая кривизна желудка, *24* — дно желудка

Рис. 136. Схема строения мочевыделительной системы:

1 — надпочечник, *2* — ворота почки, *3* — аорта, *4* — вена, *5* — мочеточник, *6* — мочевой пузырь, *7* — мочеиспускательный канал, *8* — кора почки, *9* — мозговое вещество, *10* — пирамидки, *11* — почечная лоханка, *12* — почечные артерии и вены

Рис. 138. Схема строения кожи:

1 — эпидермис, *2* — дерма, *3* — подкожная жировая клетчатка, *4* — волос, *5* — сальная железа, *6* — волосяная сумка, *7* — корень волоса, *8* — потовая железа, *9* — кожная артерия, *10* — кожная вена, *11, 14* — нервные окончания, *12* — группа жировых клеток, *13* — рыхлая соединительная ткань, *14* — нервные окончания, *15* — гладкая мышца, *16* — коллагеновые и эластические волокна рыхлой соединительной ткани, *17* — многослойный ороговевающий эпителий, *18* — базальный слой, где размножаются клетки эпидермиса, образуется меланин и синтезируется витамин D

Рис. 139. Строение глаза:

1 — белочная оболочка, *2* — сосудистая оболочка, *3* — стекловидное тело, *4* — сетчатка, *5* — зрительный нерв, *6* — слепое пятно, *7* — роговица, *8* — хрусталик, *9* — зрачок, *10* — радужная оболочка, *11* — связка и ресничное тело, *12* — конъюнктива, *13* — мышца глазного яблока

Рис. 140. Строение органа слуха:

1 — ушная раковина, *2* — наружный слуховой проход, *3* — барабанная перепонка, *4* — молоточек, *5* — наковальня, *6* — стремечко, *7* — улитка, *8* — отолитовый аппарат, *9* — полукружные каналы, *10* — евстахиева труба, *11* — слуховой нерв

Приложение

Некоторые знаменательные даты в развитии биологии

1500 — Установлена невозможность выживания животных в атмосфере, в которой не происходит горения (Леонардо да Винчи)
1609 — Изготовлен первый микроскоп (Г. Галилей)
1628 — Открыто кровообращение (В. Гарвей)
1651 — Сформулировано положение «Все живое из яйца» (В. Гарвей)
1651 — Открыты капилляры (М. Мальпиги)
1665 — Обнаружена клеточная структура пробковой ткани (Р. Гук)
1668 — Экспериментально доказано развитие личинок мух из отложенных яиц (Ф. Реди)
1674 — Открыты бактерии и простейшие (А. Левенгук)
1676 — Описаны пластиды и хроматофоры (А. Левенгук)
1677 — Впервые увиден сперматозоид человека (А. Левенгук)
1688 — Введено понятие о виде как о систематической единице (Д. Рей)
1694 — Экспериментально доказано наличие пола у растений (Р. Камерариус)
1727 — Установлено воздушное питание растений (С. Гейлс)
1735 — Разработаны принципы систематики и бинарная номенклатура (К. Линней)
1754 — Открыт углекислый газ (Дж. Блэк)
1766 — Открыт водород (Г. Кавендиш)
1769 — Сделана первая прививка от оспы (Э. Дженнер)
1778 — Открыто выделение кислорода растениями (Дж. Пристли)
1779 — Показана связь между светом и зеленой окраской растений (Я. Ингенхауз)
1809 — Сформулирована первая теория эволюции органической природы (Ж.-Б. Ламарк)
1814 — Установлена способность экстрактов ячменя превращать крахмал в сахар с помощью ферментов (Г. Кирхгоф)
1828 — Сформулирован закон зародышевого сходства (К. М. Бэр)
1831 — Открыто клеточное ядро (Р. Броун)
1839 — Сформулирована клеточная теория (Т. Шванн, М. Шлейден)
1839 — Сформулировано положение о «неживой» природе ферментов (Ю. Либих)
1845 — Впервые синтезировано органическое соединение (уксусная кислота) из неорганических предшественников.
1853 — Описано проникновение сперматозоидов в яйцеклетку (Ф. Кебер)
1858 — Сформулировано положение «Каждая клетка из клетки» (Р. Вирхов)
1859 — Публикация книги Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или Сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь». Создание эволюционной теории
1862 — Опровержение теории самопроизвольного зарождения живых существ (Л. Пастер)

1862 — Показано фотосинтетическое происхождение крахмала (Ю. Сакс)

1862 — Открыты явления торможения в ЦНС (И. М. Сеченов)

1864 — Сформулирован биогенетический закон (Э. Геккель, Ф. Мюллер)

1865 — Опубликованы законы наследственности (Г. Мендель)

1866 — Впервые дано представление о рефлексах головного мозга (И. М. Сеченов)

1868 — Открыты нуклеиновые кислоты (Ф. Мишер)

1871 — Установлено, что белки состоят из аминокислот (Н. Н. Любавин)

1871 — Установлено, что способность ферментировать сахар (превращать его в спирт) принадлежит не самим дрожжевым клеткам, а содержащимся в них ферментам (М. М. Манассеина)

1873 — Открыты хромосомы (Ф. Шнейдер)

1874 — Открыт митоз у растительных клеток (И. Д. Чистяков)

1875 — Доказано, что процессы окисления происходят в тканях, а не в крови (Э. Пфлюгер)

1875 — Описан процесс оплодотворения как соединение двух клеток (О. Гертвиг)

1878 — Открыто митотическое деление животных клеток (В. Флеминг, П. И. Перемежко)

1880 — Открыты витамины (Н. И. Лунин)

1882 — Открыт мейоз у животных клеток (В. Флеминг)

1883 — Сформулирована биологическая (фагоцитарная) теория иммунитета (И. И. Мечников)

1883 — Показано, что в половых клетках число хромосом в два раза меньше, чем в соматических (Э. Ван Бенеден)

1887 — Открыт хемосинтез (С. Н. Виноградский)

1888 — Открыт мейоз у растительных клеток (Э. Страсбургер)

1889 — Получены чистые нуклеиновые кислоты (Р. Альтман)

1892 — Открыты вирусы (Д. И. Ивановский)

1893 — Открыты нитрифицирующие бактерии и объяснена их роль в круговороте азота (С. Н. Виноградский)

1898 — Открыто двойное оплодотворение у цветковых растений (С. Г. Навашин)

1900 — Описана система групп крови человека АВ0 (К. Ландштейнер)

1900 — Вторичное открытие законов наследственности (К. Корренс, Э. Чермак, Г. де Фриз)

1900–1901 — Сформулировано представление об условно-рефлекторной деятельности коры головного мозга (И. П. Павлов)

1901–1903 — Создание мутационной теории (Г. де Фриз)

1902 — Показана справедливость законов генетики для человека (Гэррод)

1902–1907 — Высказано предположение о том, что наследственные задатки (гены) расположены в хромосомах (У. Сеттон, Т. Бовери независимо друг от друга)

1902 — Сформулирована идея о способности отдельной соматической клетки растения давать начало целому растительному организму (Г. Хаберландт)

1903 — Установлена роль зеленых растений в космическом круговороте энергии и веществ (К. А. Тимирязев)
1906 — Описано сцепленное наследование двух признаков (У. Бетсон, Р. Пеннет)
1906 — Начато использование дрозофилы в качестве модели в генетических экспериментах
1908 — Сформулирован закон распределения аллельных генов в популяциях (Г. Харди, В. Вайнберг)
1910 — Доказано единство процессов брожения и дыхания (С. П. Костычев)
1910 — Сформулирована теория филэмбриогенеза — макроэволюции (А. Н. Северцов)
1911 — Сформулирована хромосомная теория наследственности (Т. Морган)
1915 — Описаны бактериофаги (Ф. Туорт)
1920 — Открыта нейросекреция (О. Леви)
1920 — Сформулирован закон гомологических рядов наследственной изменчивости (Н. И. Вавилов)
1921 — Открыто влияние одной части зародыша на другую и выяснена роль этого явления в детерминации частей развивающегося зародыша (Г. Шпеман)
1923 — Охарактеризован фотосинтез как окислительно-восстановительная реакция (Т. Тунберг)
1924 — Опубликована естественнонаучная теория происхождения жизни на Земле (А. И. Опарин)
1926 — Основана наука «генетика популяций», ставшая основой синтетической теории эволюции — синтеза генетики и классического дарвинизма (С. С. Четвериков)
1926 — Экспериментально получены мутации при помощи рентгеновских лучей (Г. Дж. Меллер)
1926 — Опубликован труд В. И. Вернадского «Биосфера»
1928 — Открыты фитонциды (Б. П. Токин)
1929 — Выделен природный пенициллин (А. Флеминг)
1931 — Сконструирован электронный микроскоп (Е. Руске, М. Кноль)
1933 — Выделены и охарактеризованы ауксины растений (Ф. Кегель)
1937 — Описан цикл превращений органических кислот (Г. А. Кребс)
1939 — Сформулирована теория природной очаговости трансмиссивных (передающихся членистоногими) болезней, в частности энцефалита (Е. Н. Павловский)
1940 — Получен химически чистый антибиотик пенициллин (Г. Флори, Э. Чейн)
1940 — Разработана теория биогеоценозов (В. Н. Сукачев)
1940 — Обнаружен антиген резус-фактор в крови у макаки-резус (К. Ландштейнер)
1941 — Экспериментально доказано, что синтез факторов роста контролируется генами (Д. Бидл, Э. Татум)

1941 — Экспериментально доказано, что источником кислорода при фотосинтезе является вода, а не углекислый газ, как считалось ранее (А. П. Виноградов, М. В. Тайц, Э. Рубен)
1943 — Доказано существование спонтанных мутаций (С. Лурия, М. Дельбрюк)
1944 — Доказана генетическая роль ДНК (О. Эвери, С. Маклеод, М. Маккарти)
1944 — Сформулировано учение о девастации (истреблении) гельминтов (К. И. Скрябин)
1945 — Открыта эндоплазматическая сеть (К. Портер)
1945 — Доказана иммунологическая природа отторжения тканей и органов при трансплантации (пересадке) (П. Медавар)
1946 — Открыта система рекомбинаций у бактерий (Д. Ледерберг, Э. Татум)
1948 — Обосновано единство принципов управления в кибернетических системах и живых организмах (Н: Винер)
1952 — Окончательно доказана генетическая роль ДНК (А. Херши, М. Чейз)
1952 — Открыты мигрирующие генетические элементы растительных клеток (В. Мак-Клинток)
1953 — Сформулированы представления и создана модель структуры ДНК (Д. Уотсон, Ф. Крик)
1954 — Сформулирована идея о триплетности генетического кода (Г. А. Гамов)
1955 — Открыты рибосомы (Дж. Палладе)
1956 — Установлено, что диплоидный набор хромосом человека содержит 46 хромосом (Тио и Леван)
1957 — Запущен второй искусственный спутник Земли с собакой Лайкой на борту
1959 — Установлено, что причиной синдрома Дауна является трисомия по 21-й паре хромосом (Лежен)
1960 — Синтезирован хлорофилл (Р. Вудворд)
1960 — Установлена возможность гибридизации соматических клеток (Г. Барский)
1961–1964 — Установлены основные свойства генетического кода (С. Бреннер, Ф. Крик, Л. Барнет, Р. Уотс-Тобин)
1961 — Начато клонирование животных (Дж. Гёрдон)
1962 — Сформулированы представления о регуляции активности генов специальными генами-операторами (Ф. Жакоб, Ж. Моно)
1964 — Открыты транспозируемые (перемещаемые) генетические элементы микроорганизмов (Э. Кондо, С. Митсухаши)
1967 — Расшифрована последовательность нуклеотидов тРНК (А. А. Баев)
1968 — Осуществлен химический синтез гена (Х. Корана)
1970 — Осуществлено искусственное слияние протопластов клеток (Пауэр)
1970 — Открыта обратная транскрипция (Х. Темин, Д. Балтиморе)
1972 — Получена первая рекомбинантная ДНК (П. Берг)

1975 — Получены гибридомы — соматические гибридные клетки, способные к синтезу антител желаемой специфичности (Ц. Мильштейн, Г. Кехлер)

1982 — Показана возможность изменения фенотипа млекопитающих с помощью рекомбинантных молекул ДНК (Р. Полмитер, Р. Бринстер)

1997 — Получен организм млекопитающего (овцы) путем клонирования соматической клетки (И. Уилмут)

Размеры некоторых органелл клетки

ЭПС, диаметр каналов	25–75 нм
Сферосомы	0,5–1 мкм
Комплекс Гольджи:	
диаметр	1 мкм
толщина	20–30 нм
Лизосомы	
диаметр	0,5–2,0 мкм
Митохондрии:	
диаметр	0,5–1,0 мкм
длина	2,0–5(7) мкм
Хлоропласты:	
длина	3,0–7,0 мкм
толщина	1,0–3,0 мкм
Рибосомы	
диаметр	15–35 нм
Ядро	
диаметр	5,0–20 мкм

Число (диплоидный набор) хромосом у некоторых видов растений и животных

Пшеница твердая	28
Пшеница мягкая	42
Рожь	14
Кукуруза	20
Подсолнечник	34
Картофель	48
Огурец	14
Яблоня	34
Гидра	32
Дождевой червь	36
Таракан	48
Пчела	16
Дрозофила	8
Кролик	44
Шимпанзе	48
Человек	46

Число видов в разных группах и отделах растений

Группа	*Число видов*
Вирусы	800
Бактерии	1400
Синезеленые	12 000
Диатомовые и Жгутиковые водоросли	12 000
Зеленые, Красные и Бурые водоросли	8700
Лишайники	20 000
Грибы и Слизевики	100 000
Мхи	35 000
Папоротники, Хвощи, Плауны	10 000
Голосеменные	640
Покрытосеменные	286 000
Ископаемые растения	40 000
Всего	около 500 000

Число видов животных в разных систематических группах

Группа	Число видов
Простейшие	25 000
Кишечнополостные	9000
Плоские, Круглые, Кольчатые черви	26 500
Моллюски	130 000
Членистоногие	около 1 500 000
из них насекомых	1 000 000
Иглокожие	6000
Хордовые	50 000
Из них:	
Рыбы	20 000
Земноводные и пресмыкающиеся	9000
Птицы	8500
Млекопитающие	4500
Всего	свыше 1 500 000

Максимальная продолжительность жизни многолетних растений, лет

Бурая водоросль	100–200
Гриб-трутовик	80
Мхи	10
Папоротники древовидные	6000
Плаун	100
Можжевельник	2000
Ель обыкновенная	1200
Сосна обыкновенная	600
Лиственница европейская	600
Дуб черешчатый	2000
Липа крупнолистная	1000
Тополь серебристый	600
Береза	250
Груша	300
Яблоня	200
Виноград	100

Расход воды на период развития растений, м^3/га

Ячмень	3720–4590
Яровая пшеница	3420
Яровая рожь	4690
Овес	3720–4840
Кукуруза	5100–6420
Клевер	7430
Горох	4200–4220
Бобы конские	3500–3750

Максимальное количество спор и семян, образующихся на одном растении за один год

Гриб-трутовик	11 000 000 000 спор
Гриб-шампиньон	40 000 000 »
Папоротник (один лист)	14 000 000 »
Сосна	100 000 семян
Белена	446 500 »
Заразиха	100 000 »
Марь белая	100 000 »
Подорожник большой	14 000 »
Пастушья сумка	73 000 »
Повилика	3000 »
Сурепка	10 000 »
Овсюг	500 »

Максимальные размеры деревьев

	Высота, м	Диаметр, м
Ротанговая пальма (лиана)	600	0,05
Эвкалипт	152	11
Секвойя	140	15
Ель	60	2,5
Сосна	50	2,5
Береза	36	1
Липа	35	1,6
Дуб	30	2
Баобаб	22	14
Бамбук	35	0,2

Коэффициент использования солнечного света при фотосинтезе, %

Свекла кормовая 1,91
Вика 1,98
Клевер 2,18
Картофель 2,38
Рожь 2,42
Пшеница 2,68
Овес 2,74
Лен 3,61
Люпин 4,79
Хлорелла (водоросль) 7,00

Характеристика важнейших огородных растений, размножающихся семенами

Название растений	Число семян в 1 г	Продолжительность сохранения всхожести, лет	Минимальная температура прорастания, °С	Число дней от посева до урожая
Арбуз	8–48	5–8	15–17	126–154
Баклажан	250–280	4–7	14–16	150–180
Горох	3–8	5–6	1–2	70–100
Дыня	27–90	8–10	7–10	110–140
Кабачки	5–10	6–9	10–12	140
Капуста (ранняя)	250–300	4–6	2–3	90–110
Морковь	800–900	3–4	4–5	70–130
Огурцы	40–60	8–10	14–16	100
Редис	100–110	3–4	3–4	30–50
Салат	650–900	3–5	2–3	60–80
Свекла столовая	100–120	2–3	5–6	130–140
Томаты	250–300	3–4	10–12	140
Тыква	3–5	6–9	10–12	140–150
Укроп	700–800	2–3	2–3	90–100
Фасоль	2–3	6–8	8–9	85–100
Щавель	1000–1200	2–3	1–2	Многолетник

Сравнение потребления основных питательных элементов почвы сорняками и культурными растениями, кг/га

	Азот	*Фосфор*	*Калий*
Василек синий	65	24	98
Пырей ползучий	48,6	31,5	68,5
Осот полевой	67	29	160
Пшеница яровая (16 ц/га)	45	21	30
Лен-долгунец (6 ц/га)	78	30	60

Некоторые сведения о продолжительности жизни, размерах и размножении позвоночных животных

Животные	**Продолжительность жизни, лет**	**Максимальные размеры**	**Потомство**
Щука	70–80 (до 276)	1–2 м	300 000 икринок
Карп	До 20	1 м	800 000 »
Сом	До 100	1 м	100 000 »
Лосось	До 100	1 м	12 000 »
Треска	До 17	1,2 м	9 000 000 »
Лягушка травяная	До 15	6–8 см	4000 »
Жаба обыкновенная	До 40	12 см	6000 »
Ящерица прыткая	1–2	25 см	8–14 яиц
Змея питон сетчатый	До 100	10 м	96 яиц
Зеленая черепаха	До 300	1 м	300–400 яиц
Крокодил нильский	До 60 (200–300)	6 м	20–100 яиц
Орел-беркут	Свыше 80	95 см	2 яйца
Филин-пугач	53	77 см	2–5 яиц
Гусь серый	80–100	98 см	6–14 яиц
Чайка обыкновенная	21–44	40 см	2 яйца
Ворон	До 70	65 см	5–6 яиц
Воробей	До 14	16 см	5–6 яиц по 3–4 кладки в лето
Кит синий	До 200	34 м	1 детеныш
Шимпанзе	До 40	1,3–1,7 м	1 детеныш
Лошадь домашняя	20 (до 50)	1,6 м (в холке)	1 детеныш
Свинья домашняя	20–30	2 м (длина)	6–15 детенышей
Корова	20 (до 40)	180–350 см	1 детеныш
Заяц-русак	До 9	67 см	1–4 детеныша
Слон африканский	80–100 (до 200)	5 м, хобот 2 м, масса 4 т	1 детеныш в 3 года раз

Продолжительность жизни беспозвоночных животных

Гидра . . . . до 2 лет
Дождевой червь . . . . 10 лет
Перловица . . . . 100 лет
Беззубка . . . . 10–15 лет
Речной рак . . . . 20–30 лет
Пауки . . . . 1–2 года
Паук-птицеед . . . . до 15 лет
Самка муравьев . . . . 5–10 лет
Пчелиная матка . . . . 5–7 лет
Майский жук . . . . 1 мес
Майский жук, личинка . . . 3–5 лет
Комары . . . . 3–4 недели
Мухи до 19 дней (максимально до 112 дней)
Клопы . . . . до 7 лет
Блохи . . . . до 5 лет

Средняя относительная масса различных органов и тканей взрослого человека (% к массе всего тела)

Мускулатура 44
Скелет 17
Кожа (все слои) 18
Головной мозг 2,2
Спинной мозг 0,06
Глаза 0,02
Желудочно-кишечный тракт 2,1
Легкие 1,5
Печень 2,8
Почки 0,5
Сердце 0,5
Поджелудочная железа . . . 0,4
Прочие железы 0,2
Кровь 7,0
Кровеносные сосуды, нервные стволы и мелкие органы 2,0

Сердце и его работа в различном возрасте

Возраст, лет	Масса тела, кг	Масса сердца, г	Частота пульса, уд./мин
Новорожденный	3,0	23,5	135
1	10,0	41,2	120
5	18,0	83,5	100
7	23,5	91,0	92
8	25,5	95,0	90
10	30,5	120,0	86
12	35,0	142,0	82
15	45,0	200,0	76
16	49,0	215,0	74
18	57,0	255,0	72
Взрослый	64,0	305,0	70

Некоторые характеристики биомассы Земли

Количество почвенных животных

Природная зона	*Кг живой массы на 1 га почвы*
Тундра	90
Северная тайга	100–150
Южная тайга	160–350
Смешанные леса	800–1000
Широколистные леса	1000–1500
Лесостепь	500–900
Степь	200
Пустыня	20

Количество химических элементов в массе живого вещества Земли, млрд т

Кислород	7	Хлор	20	Торий	1
Углерод	1,8	Магний	40	Стронций	2
Водород	1	Железо	10	Цинк	0,5
Азот	300	Фосфор	70	Медь	0,2
Калий	300	Сера	50	Молибден	0,01
Кремний	200	Алюминий	5	Йод	0,01
Кальций	50	Бор	1	Никель	0,05
Натрий	20	Марганец	1	Свинец	0,05

Количество растений в биомассе почвы, т/га

Бактерии, сырое вещество	0,6–5
Водоросли, сухое вещество	0,06–0,5
Грибы, то же	0,05–0,32
Высшие растения, то же:	
корни	3,0–5,0
побеги	3,5–9,0

Краткий словарь латинских и греческих префиксов, суффиксов и корней (по А. И. Дееву, 1998)

(*префиксы набраны курсивом, перед суффиксами стоит дефис*)

ЛАТИНСКИЕ

А

адаптацио — приспособление
аква — вода
альбус — белый
ассимиляцио — уподобление
атавус — прародитель
аустралис — южный

Б

бациллюс — палочка
би — дву-, двух

В

ваккус — пустой
вегетатио — произрастание
вирус — яд

Г

генеро — рождаю
герба — трава
гомо — равные, одинаковые
глобус — шар
грану(лю)м — зерн(ышк)о

Д

де — частица отрицания
дегенераре — вырождаться

ГРЕЧЕСКИЕ

А

а, ан — в сложных словах частица отрицания: «без», «не».
агрос — поле
акро — острие
алло — другой, разный
амби, амфи — обоюдно
амойбе — изменение
аналогиа — соответствие
анатоме — рассечение
андро — мужской
анизо — неравный
анти — против
антогонис — соперник, враг
антропос — человек
аро — подъем
архе — начало
архайос — древний
ауто — сам
аэр — воздух

Б

базис — основание
бактерион — палочка
бентос — глубинный
био — жизнь
бласто — росток
ботано — трава
брахис — короткий

В

вегетативус — растительный
вирулентус — ядовитый
вита — жизнь

Г

галос — соль
гамос — брак
гастер — живот
гаплос — простой, одиночный
ге — земля
генезис — происходить
генос — род
гетеро — другой, различный
гигрос — влажный
гидро — вода
гине — женщина
гипер — больше
гипо — под
гликис — сладкий
гомо — одинаковый
гоне — рождение
гормао — делаю, побуждаю
-грамма — запись
-граф — пишу

Д

дендрон — дерево
дерма — кожа

диссимиларе — делать непохожим
доминантис — господствующий
дивергенция — расхождение

З
зигон — пара
зигитос — двуупряжный

И
иммунитас — освобождение
ин — «в» или «не»
интер — между

К
капиллюс — волос
карбо — уголь
коацервацио — собирание, складывание в кучу
комплемент — дополнение
кон — с
конвергере — приближаться, сходиться
концепцио — восприятие
конъюгацио — сопряжение, соединение
копуляцио — соединение
криста — гребень
кутис — кожа

Л
латералис — боковой
лизео — растворяю

М
мембрана — кожица, пленка
мутацио — изменение
мутуус — взаимный
метаморфозис — превращение одной формы в другую
микес — гриб
миксис — смешение
моно — один
мульти — много

Н
натура — природа
нуклеус — ядро

О
облигатус — обязательный, непременный
оптимус — наилучший
онтос — существо
органон — орудие, инструмент
осмос — давление

П
пигментум — краска
популюс — народ, население
паразитос — нахлебник
патос — страдание
пептос — переваренный
пиле — ворота
плазма — вылепленная фигура
планктос — блуждающий
планум — плоскость

диафрагма — перегородка
ди — два
диплос — двойной

З
зоос — живой

И
идиос — своеобразный
изос — равный

К
карион — ядро
кинезис — движение
клон — ветка
ксенос — чужой
ксерос — сухой
космополитес — гражданин мира
ксантос — желтый

Л
лейкос — белый
липос — жир
литос — камень
-логия — наука, изучение

М
макро — большой
мега — большой
мезо — средний
мерос — часть, доля
мета — после
метаболе — изменение
микро — малый
митос — нить
морфе — форма

Н
некрос — мертвый
нема — нить
нефрос — почка

О
ойкос — жилище
олиго — немногочисленный
оон — яйцо

П
палайос — древний
пара — возле
партенос — девственный
пенте — пять
пери — вокруг, около
пино — пью
пластос — лепить
пойкилос — разный
порос — отверстие

подос — нога
поли — много
про — раньше
протеро — более ранний
псилос — голый

Р

радиус — луч
ре — вновь
регенерацио — возрождение, возвращение назад
реликтус — остаточный

С

селекцио — отбор
секретус — отделенный, выделенный
симилис — сходный
скорбутус — цинга
стратум — слой
суб — под
сукцессио — преемственность, наследование

Т

транс — через
трансляция — перенесение
тетра — четыре
токсикон — яд
трахея — дыхательное горло
трис — три
тропэ — перемена

Ф

факультатис — возможность
ферментум — закваска
фибра — волокно
фолиум — лист
-филл — лист
фобос — страх

Ц

целлюла — ячейки

Э

эволюцио — развертывание
элементум — первоначальное вещество
экс, экстра — вне
эпи — на
эритрос — красный
эфемерос — однодневный, мимолетный

прото — первый
псеудо — ложный

Р

риза — корень
редукцио — уменьшение

С

сапрос — гнилой
сим, син — вместе
синапсис — соединение
система — соединение
-скопео — смотрю
сома — тело
сперма — семя
стенос — узкий
сфера — шар

Т

таксис — расположение в порядке, построение
терме — тепло
типос — отпечаток
тонос — напряжение
тропос — поворот
трофэ — питание

Ф

фагос — пожирающий
фазис — проявление
физис — природа
филе — род, племя
филео — люблю
фитон — растение

Х

хлорос — зеленый
хондрион — зерно, гранула
хрома — краска, цвет

Ц

циклос — круг
цит — клетка, оболочка

Э

эврис — широкий
-эйдос — вид (например, липоиды)
эктос, экзо — снаружи
эмбрион — зародыш
эндон — внутри
энтомо — насекомое
энхима — налитое
эргон — работа
эу — хороший, настоящий

Алфавитный указатель

СОДЕРЖАНИЕ

Издательская группа «АСТ-ПРЕСС»
105082, Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 4.
(Проезд в Москве: ст. метро «Бауманская», «Электрозаводская»)
Тел./факс: (495) 276-09-60, тел.: (495) 276-01-11. E-mail: reklama@astpress-shkola.ru
Методическая поддержка: www.astpress-shkola.ru

По вопросам оптовой продажи печатной продукции обращаться в компанию «АСТ-ПРЕСС»:
Офис: 105082, Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 4
Тел./факс: (495) 276-09-60, тел.: (495) 276-01-11
Для региональных клиентов e-mail: kech@astpress.ru
Для клиентов г. Москвы e-mail: nataly@astpress.ru
Склад: 143900, Московская обл., Балашиха, Западная промзона, ш. Энтузиастов, д. 4
Тел.: (495) 223-62-32 (многоканальный), факс: (495) 521-94-74
E-mail: apooper@astpress.ru

Представительство «АСТ-ПРЕСС» в Санкт-Петербурге:
192029, Санкт-Петербург, ул. Обуховской обороны, д. 103
Тел.: (812) 412-45-11 (магазин), (812) 412-99-09 (офис). E-mail: apo_spb@rambler.ru

Книги издательской группы «АСТ-ПРЕСС», ООО «АСТ-ПРЕСС ШКОЛА» вы всегда можете приобрести в книжных магазинах:
г. Москва: ТД «Библио-Глобус», тел.: (495) 781-19-00;
ТД «Молодая гвардия», тел.: (499) 238-50-01;
сеть магазинов «Московский дом книги», тел.: (495) 789-35-91;
«Шаг к пятерке», тел.: (495) 971-08-29; ДК «Медведково», тел.: (499) 476-16-90;
ТДК «Москва», тел.: (495) 629-64-83, (495) 797-87-17;
СК «Олимпийский», 5 этаж, место №12, тел.: (495) 760-71-91

Богданова Татьяна Львовна
Солодова Елена Александровна

БИОЛОГИЯ

Справочник для старшеклассников
и поступающих в вузы

Главный редактор *Т. Деревянко*
Редактор *Г. Дзюбенко*
Дизайнер обложки *А. Копалин*
Художественный редактор *Е. Урусов*
Технические редакторы *Г. Васильева, В. Борисова*
Корректор *Н. Римова*
Компьютерная верстка *Л. Шмелевой-Агинской*
Компьютерный набор *Г. Балашовой, Н. Рыжих, Т. Чертовой, Т. Бизюковой*

Подписано в печать 20.07.12. Формат 60×90/16. Печать офсетная.
Бумага книжно-журнальная. Гарнитура «Школьная». Печ. л. 51,0.
Доп. тираж 7000 экз. Заказ № 2415.

Общероссийский классификатор продукции ОК-005-93, том 2 – 953005.

ООО «АСТ-ПРЕСС КНИГА»
105082, Москва, Переведеновский пер., д. 13, стр. 4.

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленных издательством материалов в ОАО «Тверской ордена Трудового Красного Знамени полиграфкомбинат детской литературы им. 50-летия СССР».
170040, г. Тверь, проспект 50 лет Октября, 46.